

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-198303
(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl. H01L 21/027
G01M 11/02
G03F 1/08
G03F 7/22

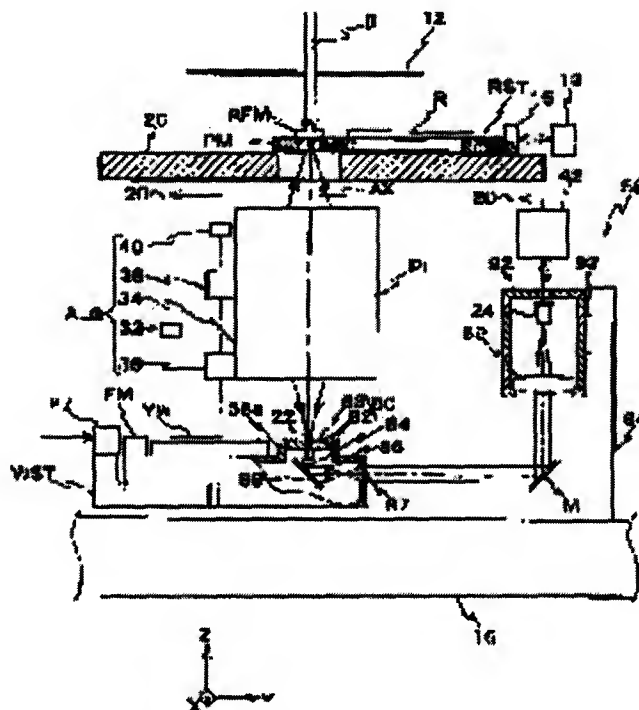
(21)Application number :	2000-398444	(71)Applicant :	NIKON CORP
(22)Date of filing :	27.12.2000	(72)Inventor :	HAGIWARA TSUNEYUKI KONDO NAOHITO TAKANE EIJI KUWATA TOKIMI SUZUKI KOSUKE

(54) ALIGNER, OPTICAL CHARACTERISTIC MEASURING METHOD AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an aligner which can implement various kinds of self- measurement without using specialized original plate for measurement.

SOLUTION: The aligner 100 is equipped with a reticle FM plate RFM whereupon a plurality of kinds of marks for various kinds of self-measurement are formed, a mobile stage RST on which the reticle FM plate RMF is placed, and a space image measuring instrument 59 including a slit plate 90 on which a slit 22 is formed. By means of the stage RST, the marks for measurement for various kinds of self-measurement being formed on RMF of the reticle FM plate are individually positioned in the vicinity of focal plane position of an object side on a projected optical system PL which is possible to be illuminated by an illumination light IL, and the illumination light IL is applied



on the measuring mark, and by means of measuring the space image of the measuring mark by using the space image measuring instrument 59, then various kinds of self-measurement becomes possible without preparing the specialized original plate for measurement additionally.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The original edition for self-measurement with which it is the aligner which illuminates a predetermined pattern by the illumination light and imprints said pattern on a substrate through a projection optical system, and two or more kinds of the measurement marks used for various self-measurement were formed; an aligner equipped with the original-edition installation stage for self-measurement and; which said original edition for self-measurement is laid, and can move said original edition for self-measurement near the body side focal plane location of said projection optical system which can be illuminated by said illumination light.

[Claim 2] The pattern formation member in which it has been arranged in a two-dimensional side vertical to the optical axis of said projection optical system, and the pattern for measurement was formed, The space image measuring instrument which has the optoelectric transducer which carries out photo electric translation of said illumination light through said pattern for measurement; Said some of original editions [at least] for self-measurement are illuminated by said illumination light. When the space image of said pattern for measurement illuminated by said projection optical system by said illumination light near the image side focal plane is formed The aligner according to claim 1 characterized by having further the migration control unit to which at least one side of said original edition installation stage for self-measurement and said pattern formation member is moved so that the relative scan of this space image and said pattern for measurement may be carried out, and;

[Claim 3] Said original edition installation stage for self-measurement is an aligner according to claim 1 or 2 characterized by being the mask stage in which the mask with which said predetermined pattern was formed is laid.

[Claim 4] The observation microscope which observes the mark which exists on the substrate stage in which the reference mark was prepared, and the; aforementioned mask stage while said substrate is laid; in case said substrate is exposed by the lot unit At the time of exposure of the substrate of each lot head, said original edition for self-measurement, said space image measuring instrument, And while performing space image measurement of the measurement mark on said original edition for self-measurement using said driving gear and computing the scale factor of said projection optical system based on the measurement result At the time of exposure of substrates other than the head in said each lot The image through the projection optical system of one mark of the original edition for self-measurement and said mask and the reference mark on said substrate stage is observed using said observation microscope. The aligner according to claim 3 characterized by having further the control unit which computes the scale factor of said projection optical system based on the observation result, and;

[Claim 5] Said original edition for self-measurement is an aligner according to claim 1 or 2 characterized by being the mask with which said predetermined pattern was formed.

[Claim 6] An aligner given in any 1 term of claims 1-5 characterized by containing at least one of the distortion measurement mark of said projection optical system, the repeat mark for best focus measurement, the false isolated line mark for best focus measurement, and the alignment marks for the superposition error measurement with said substrate in the measurement mark formed in said original edition for self-measurement.

[Claim 7] An aligner given in any 1 term of claims 1-5 characterized by containing an isolated line mark, and the line and space mark which have a predetermined pitch in the measurement mark formed in said

original edition for self-measurement.

[Claim 8] Are the optical property measurement approach which measures the optical property of a projection optical system, and locate a measurement mark in the 1st detecting point within the effective visual field of said projection optical system, and the space image of the measurement mark is formed. Said space image is received in the 1st location about the direction of an optical axis of said projection optical system. Photo electric translation of the light which scanned the pattern for measurement relatively and minded said pattern for measurement is carried out. The process which measures the optical intensity distribution corresponding to said space image; Locate the same as that of a measurement mark, or a different measurement mark in the 2nd detecting point within the effective visual field of said projection optical system, and the space image of the measurement mark is formed. Said space image is received in the 2nd location about the direction of an optical axis of said projection optical system. The process which carries out photo electric translation of the light which scanned said pattern for measurement relatively and minded said pattern for measurement, and measures the optical intensity distribution corresponding to said space image; When said pattern for measurement is in the 1st location of said direction of an optical axis The 1st image formation location within the field which intersects perpendicularly with said optical axis of said space image obtained from the measurement result of a ***** space image, It asks for relative-position relation with the 2nd image formation location within the field which intersects perpendicularly with said optical axis of said space image obtained from the measurement result of said space image in case said pattern for measurement is in the 2nd location of said direction of an optical axis. The optical property measurement approach containing the process which computes the telecentricity of said projection optical system from this relative-position relation, and;

[Claim 9] The device manufacture approach which is the device manufacture approach including a lithography process, and is characterized by exposing using the aligner of a publication in any 1 term of claims 1-7 at said lithography process.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an aligner, the optical property measurement approach, and the device manufacture approach, and relates to the suitable optical property measurement approach for measurement of the optical property of the projection optical system which constitutes the aligner used in more detail at the lithography process which manufactures a semiconductor device, a liquid crystal display component, etc., and this aligner, and the device manufacture approach using said aligner.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in case a semiconductor device or a liquid crystal display component is manufactured at a photolithography process, the projection aligner imprinted on substrates, such as a wafer with which the photo mask or the pattern of reticle (it is hereafter named "reticle" generically) was applied to sensitization agents, such as a photoresist, by the front face through the projection optical system, or a glass plate, for example, the cutback projection aligner of a step-and-repeat method, (the so-called stepper), the scanning projection aligner (the so-called scanning stepper) of step - and - scanning method, etc. are used.

[0003] By the way, since it is necessary to accumulate a different circuit pattern on many layers, and to form it on a substrate to manufacture a semiconductor device etc., it is important to lay the reticle by which the circuit pattern was drawn, and the pattern already formed in each shot field on a substrate on top of accuracy. In order to perform this superposition with a sufficient precision, it is indispensable that the optical property of a projection optical system is adjusted to a desired condition.

[0004] It is necessary to measure an optical property to accuracy as a premise of adjustment of the optical property of this projection optical system. It exposes using the mask for measurement with which the predetermined pattern for measurement was formed as the measurement approach of this optical property, and the approach (it is hereafter called the "burning method") of computing an optical property based on the measurement result of having measured the resist image from which the projection image of the pattern for measurement develops the substrate by which imprint formation was carried out, and is acquired is mainly used. In addition, without exposing actually, the space image (projection image) of the pattern for measurement which illuminated the mask for measurement by the illumination light, and was formed of the projection optical system is measured, and the approach (it is hereafter called "space image mensuration") of computing an optical property based on this measurement result is also performed. About detection of the distortion of the projection optical system based on measurement and this of this space image etc., it is indicated by *****10-209031***** etc. at the detail, for example.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional aligner, when performing the so-called self-measurement which measures the optical property of the projection optical system carried, for example etc. using the space image measuring instrument which oneself has, and other measuring instruments, the reticle only for measurement (it is hereafter called "exclusive reticle") in which the mark for measurement was formed was mainly used.

[0006] However, since it is necessary to perform especially various kinds of self-measurement with the latest aligner by having to equip equipment with the exclusive reticle at every measurement to perform ****

self-measurement for exclusive reticles, for example, when performing various self-measurement continuously, it must exchange at every measurement to different exclusive reticle. For this reason, management of that activity itself and exclusive reticle was complicated.

[0007] Moreover, whenever it equipped equipment with exclusive reticle, the position of the exclusive reticle might change, and the measurement error might be produced. Moreover, during the time of anticipated use, for example, continuous running, when using exclusive reticle, since the swap time of exclusive reticle and the reticle for device manufacture caused throughput lowering of an aligner, it was difficult [it] to measure so frequently.

[0008] Moreover, by space image measurement, when the optical property of a projection optical system was measured, the location of the space image within the field which intersects perpendicularly with the optical axis might be measured, the optical property of a projection optical system might be computed based on the measurement result, but while measuring in such a case, the measurement error resulting from the drift of the laser interferometer which measures the location of a space image measuring instrument etc. might occur.

[0009] This invention was made under this situation, and the 1st object is in offering the aligner which can perform various self-measurement, without using the original edition for measurement of dedication.

[0010] The 2nd object of this invention is to offer the optical property measurement approach which can measure the telecentricity of a projection optical system with a sufficient precision.

[0011] The 3rd object of this invention is to offer the device manufacture approach which can raise the productivity of a device.

[0012]

[Means for Solving the Problem] An aligner according to claim 1 illuminates a predetermined pattern by the illumination light. It is the aligner which imprints said pattern on a substrate through a projection optical system. The original edition for self-measurement with which two or more kinds of measurement marks used for various self-measurement were formed; Said original edition for self-measurement is laid. It has the original edition installation stage for self-measurement and; which can move said original edition for self-measurement near the body side focal plane location of said projection optical system which can be illuminated by said illumination light.

[0013] According to this, all of two or more kinds of measurement marks used for the various self-measurement formed in the original edition for self-measurement of the original edition installation stage for self-measurement near the body side focal plane location of the projection optical system which can be illuminated by the illumination light can be located. For this reason, various self-measurement is attained, without preparing the original edition for measurement of dedication independently by irradiating the illumination light at a measurement mark, carrying out image formation of the image of that measurement mark near the image side focal focus of a projection optical system, and detecting that image.

[0014] In this case, the pattern formation member in which it has been arranged in a two-dimensional side vertical to the optical axis of said projection optical system like an aligner according to claim 2, and the pattern for measurement was formed, The space image measuring instrument which has the optoelectric transducer which carries out photo electric translation of said illumination light through said pattern for measurement; Said some of original editions [at least] for self-measurement are illuminated by said illumination light. When the space image of said pattern for measurement illuminated by said projection optical system by said illumination light near the image side focal plane is formed Suppose that it has further the migration control unit to which at least one side of said original edition installation stage for self-measurement and said pattern formation member is moved so that the relative scan of this space image and said pattern for measurement may be carried out, and;

[0015] In each aligner given in above-mentioned claims 1 and 2, said original edition installation stage for self-measurement can presuppose that it is said original edition installation stage for self-measurement the mask stage in which the mask with which said predetermined pattern was formed is laid like an aligner according to claim 3.

[0016] In this case, while said substrate is laid like an aligner according to claim 4 The observation microscope which observes the mark which exists on the substrate stage in which the reference mark was prepared, and the; aforementioned mask stage; in case said substrate is exposed by the lot unit At the time of

exposure of the substrate of each lot head, said original edition for self-measurement, said space image measuring instrument, And while performing space image measurement of the measurement mark on said original edition for self-measurement using said driving gear and computing the scale factor of said projection optical system based on the measurement result At the time of exposure of substrates other than the head in said each lot The image through the projection optical system of one mark of the original edition for self-measurement and said mask and the reference mark on said substrate stage can be observed using said observation microscope, and suppose that it has further the control unit which computes the scale factor of said projection optical system based on the observation result, and;

[0017] Suppose that it is said original edition for self-measurement the mask with which said predetermined pattern was formed like invention according to claim 5 in each aligner given in above-mentioned claims 1 and 2.

[0018] Suppose that at least one of the distortion measurement mark of said projection optical system, the repeat mark for best focus measurement, the false isolated line mark for best focus measurement, and the alignment marks for the superposition error measurement with said substrate is contained in the measurement mark formed in above-mentioned claims 1-5 like the aligner according to claim 6 in each aligner of a publication at said original edition for self-measurement.

[0019] Suppose that an isolated line mark, and the line and space mark which have a predetermined pitch are contained in the measurement mark formed in above-mentioned claims 1-5 like the aligner according to claim 7 in each aligner of a publication at said original edition for self-measurement.

[0020] The optical property measurement approach according to claim 8 is the optical property measurement approach which measures the optical property of a projection optical system. Locate a measurement mark in the 1st detecting point within the effective visual field of said projection optical system, and the space image of the measurement mark is formed. Said space image is received in the 1st location about the direction of an optical axis of said projection optical system. Photo electric translation of the light which scanned the pattern for measurement relatively and minded said pattern for measurement is carried out. The process which measures the optical intensity distribution corresponding to said space image; Locate the same as that of a measurement mark, or a different measurement mark in the 2nd detecting point within the effective visual field of said projection optical system, and the space image of the measurement mark is formed. Said space image is received in the 2nd location about the direction of an optical axis of said projection optical system. The process which carries out photo electric translation of the light which scanned said pattern for measurement relatively and minded said pattern for measurement, and measures the optical intensity distribution corresponding to said space image; When said pattern for measurement is in the 1st location of said direction of an optical axis The image formation location within the field which intersects perpendicularly with said optical axis of said space image obtained from the measurement result of a ***** space image, It asks for relative-position relation with the image formation location within the field which intersects perpendicularly with said optical axis of said space image obtained from the measurement result of said space image in case said pattern for measurement is in the 2nd location of said direction of an optical axis, and the process and; which compute the telecentricity of said projection optical system from this relative-position relation are included.

[0021] The image formation location within the field which intersects perpendicularly with the optical axis of the space image obtained from the measurement result of having measured the space image of the measurement mark located in the 1st detecting point within the effective visual field of a projection optical system in the field corresponding to the 1st location of the direction of an optical axis according to this The image formation location within the field which intersects perpendicularly with the optical axis of the space image obtained from the measurement result of having measured the space image of the measurement mark located in the 2nd detecting point within (it being hereafter called "the 1st image formation location") and the effective visual field of a projection optical system in the field corresponding to the 2nd location of the direction of an optical axis (hereafter) A relative distance with the relative-position relation called "the 2nd image formation location", i.e., the 1st image formation location in the optical-axis orthotomic surface, and the 2nd image formation location, And since the telecentricity of a projection optical system is computed based on the distance of the 1st location of the direction of an optical axis, and the 2nd location For example, when measurement values, such as a laser interferometer, are used on the occasion of

measurement of the 1st image formation location and the 2nd image formation location Even if the drift etc. has arisen in the laser interferometer, as a result of including an equivalent error in the measurement result of the 1st image formation location and the 2nd image formation location, highly precise measurement of the telecentricity which does not almost have the effect of the measurement error resulting from an interferometer drift etc. is attained.

[0022] The device manufacture approach according to claim 9 is the device manufacture approach including a lithography process, and is characterized by exposing using the aligner of a publication in any 1 term of claims 1-7 at said lithography process.

[0023]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, 1 operation gestalt of this invention is explained based on drawing 1 - drawing 16 . The rough configuration of the aligner 100 concerning 1 operation gestalt is shown in drawing 1 . This aligner 100 is step - and the scanning projection aligner of - scanning method, i.e., the so-called scanning stepper.

[0024] This aligner 100 is equipped with the control system which holds the illumination system 10 containing the light source and an illumination-light study system, the reticle stage RST holding the reticle R as a mask, a projection optical system PL, and the wafer W as a substrate, and controls the wafer stage WST as a substrate stage movable free, and these for the inside of XY flat surface.

[0025] Said illumination system 10 is constituted including a reticle blind, a condensing lens system, etc. as the light source, illuminance equalization optical system (it consists of a collimator lens, a fly eye lens, etc.), an illumination system aperture-diaphragm plate (the circular aperture diaphragm for lighting, small mho drawing for small mho lighting, zona-orbicularis drawing for zona-orbicularis lighting, quadrupole drawing for deformation lighting, etc. are usually mostly formed by the equiangular distance), a relay lens system, and illuminated viewing field drawing (all are graphic display abbreviations at drawing 1).

[0026] As said light source, the excimer laser which outputs KrF excimer laser light (wavelength of 248nm) or ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) shall be used as an example here.

[0027] Said reticle blind consists of movable reticle blinds 12 (refer to a graphic display abbreviation and drawing 2 in drawing 1) adjustable in the fixed reticle blind and the opening configuration where it does not illustrate [of immobilization of an opening configuration]. A fixed reticle blind is arranged in the field slightly defocused from its conjugation side near the pattern side of Reticle R, and rectangle opening which specifies the lighting field (the width of face of Y shaft orientations which are longitudinal directions in space in elongation drawing 1 long and slender to X shaft orientations which are the space rectangular cross directions in drawing 1 is the lighting field of the shape of a rectangle slit of predetermined width of face) IAR of the shape of a rectangle slit on Reticle R is formed. Moreover, the movable reticle blind 12 is arranged in the conjugation side over the pattern side of Reticle R, and the location and width of face of a direction corresponding to the scanning direction (here, it considers as Y shaft orientations) and the non-scanning direction (it considers as X shaft orientations) at the time of scan exposure have adjustable opening, respectively. However, by drawing 2 and drawing 3 , in order to simplify explanation, the movable reticle blind 12 is shown are arranged to Reticle R at the illumination system close-attendants side.

[0028] According to the illumination system 10, after the illumination light (it is hereafter called "the illumination light IL") as an exposure light generated in the light source passes a non-illustrated shutter, it is changed into the flux of light with almost uniform illuminance distribution according to illuminance equalization optical system. the illumination light IL injected from illuminance equalization optical system - either on an illumination system aperture diaphragm plate -- said reticle blind is reached through an aperture diaphragm and a relay lens system. The flux of light which passed this reticle blind illuminates the lighting field IAR of Reticle R on which the relay lens system and the condensing lens system were passed, and the circuit pattern etc. was drawn with a uniform illuminance.

[0029] In addition, the movable reticle blind 12 is controlled by the main control unit 20 at the time of initiation of scan exposure, and termination, and exposure of an unnecessary part is prevented by restricting the lighting field IAR further. Moreover, the movable reticle blind 12 is used also for setting out of the lighting field in the case of measurement of the space image by the space image measuring instrument mentioned later with this operation gestalt.

[0030] Reticle R is being fixed by for example, vacuum adsorption (or electrostatic adsorption) on said

reticle stage RST. A reticle stage RST is movable here at the scan speed specified as Y shaft orientations in the reticle base 26 top while it can be driven very small two-dimensional in XY flat surface vertical to the optical axis AX of the projection optical system PL later mentioned by the reticle stage drive system which is not illustrated containing a linear motor etc. (to hand of cut of the circumference of the Z-axis which intersects perpendicularly with X shaft orientations, Y shaft orientations, and XY flat surface (the direction of thetaz)). This reticle stage RST has the migration stroke of Y shaft orientations to which the whole surface of Reticle R can cross the optical axis AX of a projection optical system PL at least.

[0031] Near the -Y side edge section of a reticle stage RST, the reticle fiducial mark plate (it is hereafter sketched as a "reticle mark plate") RFM as the original edition for self-measurement is arranged together with Reticle R in accordance with X shaft orientations. This reticle mark plate RFM consists of the glass raw material of Reticle R and this construction material, for example, synthetic quartz, the fluoride crystal of a fluorite, lithium fluoride, and others, etc., and is being fixed to the reticle stage RST. In addition, about the concrete configuration of this reticle mark plate RFM, it mentions later. The reticle stage RST has the migration stroke of Y shaft orientations which are extent to which the whole surface of Reticle R and the whole surface of the reticle mark plate RFM can cross the optical axis AX of a projection optical system PL at least.

[0032] Moreover, opening used as the path of the illumination light IL of Reticle R and the reticle mark plate RFM is caudad formed in the reticle stage RST, respectively. Moreover, opening of a bigger rectangle than the lighting field IAR used as the path of the illumination light IL of the projection optical system PL of the reticle base 26 is mostly formed by the part right above.

[0033] On the reticle stage RST, the migration mirror 15 which reflects the laser beam from the reticle laser interferometer (henceforth a "reticle interferometer") 13 is being fixed, and the location within XY side of a reticle stage RST (a revolution of the direction of thetaz which is a hand of cut of the circumference of the Z-axis is included) is always detected by the reticle interferometer 13 with the resolution of about 0.5-1nm. here, on a reticle stage RST, the migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with the migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with the scanning direction at the time of scan exposure (Y shaft orientations), and a non-scanning direction (X shaft orientations) prepares actually -- having -- the reticle interferometer 13 -- these are typically shown for 1 **** eclipse ***** to Y shaft orientations by drawing 1 as the migration mirror 15 and a reticle interferometer 13 at least at biaxial and X shaft orientations.

[0034] The positional information of the reticle stage RST from the reticle interferometer 13 is sent to the main control unit 20 which consists of a workstation (or microcomputer), and carries out actuation control of the reticle stage RST through a reticle stage drive system based on the positional information of a reticle stage RST in a main control unit 20.

[0035] moreover, above Reticle R A projection optical system PL is minded. As an observation microscope which consists of the TTR (Through The Reticle) alignment system using the exposure wavelength for observing simultaneously the mark on Reticle R or the reticle mark plate RFM, and the reference mark on the reference mark plate FM later mentioned on the wafer stage WST The reticle alignment microscope (it is hereafter called "RA microscope" for convenience) 28 (however setting to drawing 1 RA microscope by the side of the space back un-illustrating) of ***** is formed. The detecting signal of these RA microscopes 28 is supplied to a main control unit 20 through a non-illustrated alignment control unit. In this case, if the deflection mirror which is not illustrated for leading the detection light from Reticle R to each RA microscope 28 is arranged free [migration] and an exposure sequence is started, a deflection mirror will shunt with a non-illustrated mirror driving gear under the command from a main control unit 20. In addition, the configuration equivalent to the RA microscope 28 is indicated by JP,7-176468,A etc., and since it is well-known, detailed explanation is omitted here.

[0036] said projection optical system PL can be set to drawing 1 of a reticle stage RST -- it is arranged caudad and the direction of the optical axis AX considers as Z shaft orientations -- having -- here -- a both-sides tele cent -- it is a rucksack cutback system and the dioptric system which consists of two or more lens element arranged at intervals of predetermined along the optical-axis AX direction is used. The projection scale factor of this projection optical system PL is 1/4 time (or 1/5 time) etc. For this reason, if the slit-like lighting field IAR on Reticle R is illuminated by the illumination light IL from an illumination system 10, it

will be formed in the exposure field [**** / the cutback image (partial inverted image) of the circuit pattern of the reticle R in that slit-like lighting field IAR / said lighting field IAR on the wafer W with which the photoresist was applied to the front face] IA through a projection optical system PL of the illumination light IL which passed this reticle R.

[0037] Said wafer stage WST is driven free in XY two-dimensional side (thetaz revolution is included) by the wafer stage drive system which is not illustrated [which consists of a magnetic levitation mold two-dimensional linear actuator along stage base 16 top face]. Here, since the two-dimensional linear actuator also has Z drive coil besides X drive coil and Y drive coil, the wafer stage WST has composition which can be driven very small also in the 3 degree-of-freedom directions of Z, theta x (hand of cut of the circumference of the X-axis), and thetay (hand of cut of the circumference of a Y-axis).

[0038] The wafer holder 25 is laid on the wafer stage WST, and Wafer W is held by vacuum adsorption (or electrostatic adsorption) with this wafer holder 25. Moreover, on the wafer stage WST, the reference mark plate FM with which the reference mark for base-line measurement, the reference mark for reticle alignment (this reference mark is used also in the case of the scale-factor measurement mentioned later), and other reference marks were formed is being fixed. Let mostly the front face of this reference mark plate FM be the same height with Wafer W.

[0039] In addition, what is necessary is to replace with the wafer stage WST, and just to carry the wafer holder 25 in the 3 degree-of-freedom directions of Z, theta x, and thetay on the two-dimensional migration stage through Z and the leveling table by which very small actuation is carried out with a voice coil motor etc., in using the two-dimensional migration stage driven only in XY two-dimensional side by drive systems, such as a linear motor or a flat-surface motor.

[0040] On said wafer stage WST, the migration mirror 27 which reflects the laser beam from the wafer laser interferometer (henceforth a "wafer interferometer") 31 is fixed, and the location of the 5 degree-of-freedom directions (X, Y, thetaz, thetax, and the direction of thetaz) except the Z direction of the wafer stage WST is always detected with the resolution which is about 0.5-1nm by the wafer interferometer 31 arranged outside.

[0041] Here, on the wafer stage WST, the migration mirror which has the reflector which intersects perpendicularly with X shaft orientations which are the migration mirror and the non-scanning direction which have the reflector which intersects perpendicularly with Y shaft orientations which are scanning directions at the time of scan exposure is formed actually, and, as for the wafer interferometer 31, these are typically shown for two or more **** eclipse ***** to Y shaft orientations and X shaft orientations by drawing 1 as the migration mirror 27 and a wafer interferometer 31, respectively. The positional information (or rate information) of the wafer stage WST is sent to a main control unit 20, and controls the location within XY side of the wafer stage WST by the main control unit 20 through a non-illustrated wafer stage drive system based on said positional information (or rate information).

[0042] Moreover, inside the wafer stage WST, a part of optical system which constitutes the space image measuring instrument 59 used for measurement of the optical property of a projection optical system PL is arranged. Here, the configuration of the space image measuring instrument 59 is explained in full detail. The stage side component prepared in the wafer stage WST as this space image instrumentation 59 was shown in drawing 2 , Namely, the relay optical system which consists of the slit plate 90 as a pattern formation member, and lenses 84 and 86, the mirror 88 for optical-path bending, and the light transmission lens 87, It has the digital-disposal-circuit 42 grade of the photo-electric-translation signal from the component M outside a stage prepared in the wafer stage WST exterior, i.e., a mirror, the light-receiving lens 89, the photosensor 24 as an optoelectric transducer, and this photosensor 24.

[0043] If this is explained further in full detail, the slit plate 90 is inserted in from the upper part in the condition of plugging up the opening, to protrusion section 58a in which the upper part established in the end section top face of the wafer stage WST carried out opening, as shown in drawing 2 . The reflective film 83 which serves as a light-shielding film is formed in the top face of the light-receiving glass 82 of a plane view rectangle, pattern NINGU of the opening pattern (it is hereafter called a "slit") 22 of the shape of a slit of the predetermined width of face (2D) as a pattern for measurement is carried out, and this slit plate 90 is formed in a part of that reflective film 83.

[0044] As a raw material of said light-receiving glass 82, good synthetic quartz or a good fluorite of the

permeability of KrF excimer laser light or ArF excimer laser light etc. is used here.

[0045] Inside wafer stage WST of slit 22 lower part The relay optical system (84 86) which the mirror 88 which bends horizontally the optical path of the illumination-light bundle (image flux of light) which carried out incidence downward [vertical] through the slit 22 is made to intervene, and consists of lenses 84 and 86 is arranged. The light transmission lens 87 which carries out light transmission of the illumination-light bundle relayed to the side attachment wall by the side of +Y of the wafer stage WST behind [optical-path] this relay optical system (84 86) by relay optical system (84 86) by the predetermined optical path length to the exterior of the wafer stage WST is being fixed.

[0046] On the optical path of the illumination-light bundle sent out to the exterior of the wafer stage WST with the light transmission lens 87, the mirror M which has predetermined die length in X shaft orientations is installed with the tilt angle of 45 degrees. 90 degrees of optical paths of the illumination-light bundle sent out to the exterior of the wafer stage WST are bent towards the vertical upper part by this mirror M. Compared with the light transmission lens 87, the light-receiving lens 89 of a major diameter is arranged on this bent optical path. The photosensor 24 is arranged above this light-receiving lens 89. These light-receiving lens 89 and a photosensor 24 maintain position relation, and are contained in a case 92, and this case 92 is being fixed near the upper bed section of the stanchion 94 implanted in the top face of the base 16 through the anchoring member 93.

[0047] The optoelectric transducer which can detect a feeble light with a sufficient precision as said photosensor 24 (photo detector), for example, a photomultiplier tube etc., (PMT, photomultiplier tube) is used. The digital disposal circuit 42 which processes the output signal of a photosensor 24 is constituted including an amplifier, a sample holder, an A/D converter (a thing with a resolution of 16 bits is usually used), etc.

[0048] In addition, although the slit 22 is formed in the reflective film 83 like the above-mentioned, it explains as that by which the slit 22 is formed below in the slit plate 90 for convenience. In addition, about arrangement of a slit 22, and a dimension, it mentions later.

[0049] According to the space image instrumentation 59 constituted as mentioned above, in the case of measurement (about this, it mentions later) of the projection image through the projection optical system PL of the measurement mark formed in Reticle R or the reticle mark plate RFM (space image) If the slit plate 90 is illuminated by the illumination light IL which has penetrated the projection optical system PL, the illumination light IL which penetrated the slit 22 on the slit plate 90 will be drawn by the exterior of the wafer stage WST through a lens 84, a mirror 88 and a lens 86, and the light transmission lens 87. And an optical path is bent by Mirror M in the vertical upper part, the light drawn by the exterior of the wafer stage WST is received by the photosensor 24 through the light-receiving lens 89, and the photo-electric-translation signal (quantity of light signal) according to the light income is outputted to a main control unit 20 through a digital disposal circuit 42 from this photosensor 24.

[0050] Since measurement of the projection image (space image) of a measurement mark is performed by the slit scan method in the case of this operation gestalt, in that case, the light transmission lens 87 will move to the light-receiving lens 89 and a photosensor 24. So, in the space image measuring instrument 59, each lens and the magnitude of Mirror M are set up so that all the light through the light transmission lens 87 which moves within the limits of predetermined may carry out incidence to the light-receiving lens 89.

[0051] Thus, the optical derivation section which derives the light through a slit 22 outside the wafer stage WST with the slit plate 90, lenses 84 and 86, a mirror 88, and the light transmission lens 87 is constituted, and the light sensing portion which receives the light drawn out of the wafer stage WST by the light-receiving lens 89 and the photosensor 24 consists of space image measuring instruments 59. In this case, these light derivation section and a light sensing portion are separated mechanically. And only by facing space image measurement, the optical derivation section and a light sensing portion are optically connected through Mirror M.

[0052] That is, in the space image instrumentation 59, since the photosensor 24 is formed in the predetermined location of the exterior of the wafer stage WST, it originates in generation of heat of a photosensor 24, and does not have an adverse effect on the measurement precision of a laser interferometer 31 etc. Moreover, since the exterior and the interior of the wafer stage WST are not connected by a light guide etc., the actuation precision of the wafer stage WST does not receive an adverse effect like [when the

exterior and the interior of the wafer stage WST are connected by the light guide].

[0053] Of course, when the effect of heat can be eliminated, a photosensor 24 may be formed in the interior of the wafer stage WST. In addition, the space image measurement approach, the optical property measurement approach, etc. which are performed using the space image measuring instrument 59 are explained in full detail behind.

[0054] The off-axis alignment system ALG as a mark detection system which detects the alignment mark on Wafer W (alignment mark) is formed in the side face of return and a projection optical system PL at drawing 1 . With this operation gestalt, the alignment sensor of an image-processing method and the so-called FIA (Field Image Alignment) system are used as this alignment system ALG. This alignment system ALG is constituted including the light source 32 for alignment, a half mirror 34, the 1st objective lens 36, the 2nd objective lens 38, and image sensor (CCD) 40 grade, as shown in drawing 2 . Here, the halogen lamp which carries out outgoing radiation of the broadband illumination light as the light source 32 is used. By this alignment system ALG, as shown in drawing 3 , by the illumination light from the light source 32, the alignment mark Mw on Wafer W is illuminated through a half mirror 34 and the 1st objective lens 36, and the reflected light from that alignment mark part is received with an image sensor 40 through the 1st objective lens 36, a half mirror 34, and the 2nd objective lens 38. Thereby, image formation of the light field image of the alignment mark Mw is carried out to the light-receiving side of an image sensor. And the photo-electric-translation signal corresponding to this light field image, i.e., the signal on the strength [optical] corresponding to the reflected image of the ally noodle ** mark Mw, is supplied to a main control unit 20 through a non-illustrated alignment control unit from an image sensor 40. In a main control unit 20, while computing the location of the alignment mark Mw on the basis of the detection core of the alignment system ALG based on this signal on the strength [optical], based on that calculation result and the positional information of the wafer stage WST which is the output of the wafer interferometer 31 at that time, the coordinate location of the ally noodle ** mark Mw in the stage system of coordinates specified with the optical axis of the wafer interferometer 31 is computed.

[0055] Furthermore, it has the light source by which turning on and off is controlled by the aligner 100 of this operation gestalt with a main control unit 20 to be shown in drawing 1 . Illuminating-system 60a which irradiates the image formation flux of light for forming many pinholes or the image of a slit towards the image formation side of a projection optical system PL from the direction of slant to an optical axis AX, The multipoint focal location detection system of the oblique incidence light type which consists of light-receiving system 60b which receives the reflected light bundle in the wafer W front face of those image formation flux of lights is prepared. In a main control unit 20, when focal fluctuation arises in a projection optical system PL, by controlling the inclination to the optical axis of the reflected light bundle of the parallel plate which is not illustrated in light-receiving system 60b, offset is given to a multipoint focal location detection system (60a, 60b) according to focal fluctuation of a projection optical system PL, and the calibration is performed. In addition, the detailed configuration of the focal location detection system (60a, 60b) of this operation gestalt and the same multipoint focal location detection system is indicated by JP,6-283403,A etc.

[0056] So that a focal gap may serve as zero in a main control unit 20 based on the focal gap signal (defocusing signal), for example, S curve signal, from light-receiving system 60b at the time of the scan exposure mentioned later etc. A non-illustrated wafer stage drive system is minded. Migration to Z shaft orientations of the wafer stage WST, And by controlling dip (namely, revolution of theta x and the direction of thetay) at a two-dimensional point, i.e., controlling migration of the wafer stage WST using a multipoint focal location detection system (60a, 60b) The auto-focusing (automatic-focusing doubling) and auto leveling which make the image formation side of a projection optical system PL and the front face of Wafer W agree substantially in the exposure field (the lighting field IAR and image formation relation) of the illumination light IL are performed.

[0057] Next, actuation of the exposure process in the aligner 100 of this operation gestalt is explained briefly.

[0058] First, Reticle R is conveyed by the non-illustrated reticle conveyance system, and adsorption maintenance is carried out in the reticle stage RST in a loading position. Subsequently, the location of the wafer stage WST and a reticle stage RST is controlled, by the main control unit 20, using the space image

instrumentation 59, as the projection image (space image) of the reticle alignment mark which is not illustrated [which was formed on Reticle R] mentions later, it is measured, and the projection location of a reticle pattern image is called for. That is, reticle alignment is performed. Reticle alignment under in addition, the RA microscope 28 of a couple mentioned above The image of the reticle alignment mark (un-illustrating) of the couple on Reticle R and the image through the projection optical system PL of the reference mark for reticle alignment formed in the reference mark plate FM on the wafer stage WST are observed simultaneously. You may carry out by asking for the projection location of a reticle pattern image based on the relative-position relation of both the mark image, and the measurement value of the reticle interferometer 13 at that time, and the wafer interferometer 31.

[0059] Next, the wafer stage WST is moved and the slit 22 which serves as a datum reference of the space image measuring instrument 59 by the alignment system ALG is detected so that the slit plate 90 may be located directly under the alignment system ALG with a main control unit 20. In a main control unit 20, the measurement value of the detecting signal of this alignment system ALG and the wafer interferometer 31 at that time and a list are asked for the projection location of the pattern image of Reticle R and the relative position of base lines with the alignment system ALG, i.e., the amount of the alignment system ALG, based on the projection location of the reticle pattern image for which it asked previously.

[0060] After this base-line measurement is completed, by the main control unit 20, wafer alignment, such as EGA (en hunger strike global alignment) indicated by the detail, is performed to JP,61-44429,A etc., and the location of all the shot fields on Wafer W is called for. In addition, as the wafer alignment mark Mw of the predetermined sample shot as which it was beforehand determined of two or more shot fields on Wafer W mentioned above on the occasion of this wafer alignment using the alignment system ALG, it is measured by carrying out (refer to drawing 3).

[0061] Subsequently, in a main control unit 20, while positioning the wafer stage WST to the scan starting position of the 1st shot field, carrying out the monitor of the positional information from interferometers 31 and 13 based on the positional information and the amount of base lines of each shot field on the wafer W for which it asked in the top, a reticle stage RST is positioned to a scan starting position, and scan exposure of the 1st shot field is performed.

[0062] That is, in a main control unit 20, if the relative scan of Y shaft-orientations reverse sense of a reticle stage RST and the wafer stage WST is started and both the stages RST and WST reach each target scan speed, the pattern space of Reticle R will begin to be illuminated by the illumination light IL, and scan exposure will be started. Although luminescence of the light source is started in advance of initiation of this scan exposure, since the synchronoustr control of the migration of each blade of the movable reticle blind 12 is carried out to migration of a reticle stage RST by the main control unit 20, it is the same as that of the usual scanning stepper that the exposure of the exposure light EL to the outside of the pattern space on Reticle R is shaded.

[0063] In a main control unit 20, the synchronoustr control of a reticle stage RST and the wafer stage WST is carried out so that the passing speed V_r of Y shaft orientations of a reticle stage RST and the passing speed V_w of X shaft orientations of the wafer stage WST may be especially maintained by the velocity ratio according to the projection scale factor of a projection optical system PL at the time of the above-mentioned scan exposure.

[0064] And the field where the pattern spaces of Reticle R differ is serially illuminated by the illumination light IL, and when the lighting to the whole pattern space surface is completed, scan exposure of the 1st shot field on Wafer W is completed. Thereby, the cutback imprint of the circuit pattern of Reticle R is carried out to the 1st shot field through a projection optical system PL.

[0065] In this way, termination of scan exposure of the 1st shot field performs stepping actuation between the shots which move the wafer stage WST to the scan starting position of the 2nd shot field. And scan exposure of the 2nd shot field is performed like ****. Henceforth, actuation with the same 3rd shot field or subsequent ones is performed.

[0066] Thus, the stepping actuation between shots and scan exposure actuation of a shot are repeated, and the pattern of Reticle R is imprinted by step - and - scanning method by all the shot fields on Wafer W.

[0067] Here, during the above-mentioned scan exposure, the auto-focusing and auto leveling which were mentioned above are carried out to a projection optical system PL using the focal sensor (60a, 60b) attached

in one.

[0068] By the way, during the above-mentioned scan exposure, in order for the pattern of Reticle R and the pattern already formed in the shot field on Wafer W to lay on top of accuracy, it is important that the image formation property and the amount of base lines of a projection optical system PL are measured by accuracy, that the image formation property of a projection optical system PL is adjusted to the desired condition, etc.

[0069] With this operation gestalt, the space image measuring instrument 59 mentioned above is used for measurement of the above-mentioned image formation property. Hereafter, the space image measurement by this space image measuring instrument 59, measurement of the image formation property of a projection optical system PL, etc. are explained in full detail.

[0070] The condition of the midst that the space image of the measurement mark PM formed in the reticle mark plate RFM is measured is shown in drawing 2 using the space image instrumentation 59. In addition, it is also possible to replace with the reticle mark plate RFM and to use what formed the measurement mark of dedication in the reticle only for space image measurement or the reticle R used for manufacture of a device.

[0071] Here, in advance of explanation of space image measurement, the reticle mark plate RFM is explained based on drawing 4 and drawing 5.

[0072] Next, the reticle mark plate RFM is explained. The reticle mark plate RFM fixed on the reticle stage RST is taken out and shown in drawing 4. This drawing 4 is equivalent to the bottom view in drawing 1.

[0073] The die length of Y shaft orientations (scanning direction) is [the die length of about 16mm (a projection scale factor is 4mm on a wafer as 1/4 time) and X shaft orientations (non-scanning direction) of this reticle mark plate RFM] about 150mm. The field of about 100mm (a projection scale factor is 25mm on a wafer as 1/4 time) of center sections except the both ends of the non-scanning direction (X shaft orientations) of this reticle mark plate RFM is the effective exposure field IAF which can irradiate the illumination light IL. Under the RA microscope 28 of a couple mentioned above to the both ends (field of the slash section) of X shaft orientations of this effective exposure field IAF, the observable reticle alignment mark (un-illustrating) is formed.

[0074] Moreover, the square (extracting field) of the other mark keepout area of about 1mm angle is prepared in Y shaft-orientations both ends based on [of the effective exposure field IAF] X shaft orientations, and revolution adjustment mark PMtheta1 and PMtheta2 are formed in the interior of this **** field with chromium etc. moreover, Y shaft orientations of the effective exposure field IAF -- in the center section, two or more AIS mark blocks 621 at predetermined spacing (a projection scale factor is 1mm spacing on a wafer as 1/4 time), for example, 4mm spacing, are mostly arranged in accordance with X shaft orientations. Moreover, the AIS mark block 622 is arranged also in the location which can be positioned at the detecting point within the effective visual field of the projection optical system PL corresponding to the irradiating point of the image formation flux of light of a multipoint focal location detection system (60a, 60b) besides these AIS mark blocks 621 arranged at intervals of 4mm. For this reason, in case space image measurement performs measurement for calibrations to measurement of the image surface configuration of a projection optical system PL, and the output of each sensor of a multipoint focal location detection system (60a, 60b), such as offset setting out and resetting of a home position (detection criteria location), for example, with this operation gestalt, it becomes possible to measure the direction location of an optical axis of a projection optical system PL (Z location) at slit 22 core of the slit plate 90. Therefore, setting out of the profile irregularity of the slit plate 90 can be made loose. In addition, it is displayed as the AIS mark block 62, without distinguishing the AIS mark block 621 and the AIS mark block 622 especially below, especially removing the case of being required.

[0075] What is necessary is just to perform the AIS mark block 62 by moving in a reticle stage RST with the reticle mark plate RFM, when performing space image measurement by making each point of the scanning direction of a projection optical system PL into a detecting point although only one line is prepared in the scanning direction (Y shaft orientations).

[0076] Next, an example of the mark arrangement within each AIS mark block 62 is explained based on drawing 5. The AIS mark block 62 is expanded and shown in drawing 5. As shown in this drawing 5, in the AIS mark block 62 Negative-mold alignment mark subblock 63a1, 63a2, positive type alignment mark

subblock 63b1, 63b2, negative-mold line, and space mark subblock 64a, Positive type line and space mark subblock 64b, The negative-mold sequential coma mark subblock 65a1, 65a2, the positive type sequential coma mark subblock 65b1, 65b2, the 1-dimensional negative-mold box mark subblock 66a1, 66a2, the 1-dimensional positive type box mark subblock 66b1, 66b2, negative-mold addition mark subblock 67a, positive type addition mark subblock 67b, etc. are prepared. In addition, a line and a tooth space are sketched as last shipment below.

[0077] In said negative-mold last shipment mark subblock 64a, NEGAMAKU PM 1 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 to the line breadth of 0.4 micrometers - 4.0 micrometers is arranged. Here, NEGAMAKU means the mark which consists of the opening pattern formed in the chromium layer. In addition, in this negative-mold last shipment mark subblock 64a, NEGAMAKU PM 2 for the abnormality measurement in line breadth is arranged as an application measurement mark. NEGAMAKU PM 2 for this abnormality measurement in line breadth is NEGAMAKU with which the last shipment mark of the duty ratio 1:1 with a line breadth of 0.4 micrometers - 0.8 micrometers is located in a line in 80-micrometer pitch. As a L/each S mark, the periodic direction is established for the thing of X shaft orientations, and the thing of Y shaft orientations.

[0078] NEGAMAKU PM 3 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 of different line breadth which makes the periodic direction X shaft orientations in said negative-mold sequential coma mark subblock 65a1 is arranged at fixed spacing. NEGAMAKU PM 4 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 of different line breadth which makes the periodic direction Y shaft orientations in the negative-mold sequential coma mark subblock 65a2 is arranged at fixed spacing.

[0079] In said 1-dimensional negative-mold box mark subblock 66a1, a thick line pattern with a line breadth of about 40 micrometers and NEGAMAKU PM 5 which consists of the 1-dimensional mark with which the thin line pattern with a line breadth of about 0.4-0.56 micrometers was located in a line with X shaft orientations at intervals of predetermined (for example, about 40 micrometers) are arranged. Moreover, in said 1-dimensional negative-mold box mark subblock 66a2, NEGAMAKU PM 6 which is constituted like a mark PM 5 and makes the array direction Y shaft orientations is arranged.

[0080] In said negative addition mark subblock 67a, NEGAMAKU, such as the last shipment mark PM 7 of those other than 1:1, for example, a with a duty ratios of 1:9 or more false ***** mark, the wedge-action-die mark (SMP mark) PM 8, and other isolated lines, is arranged for the duty ratio of various line breadth. The array direction is established [these marks PM7 and PM8] for the thing of X shaft orientations, and the thing of Y shaft orientations.

[0081] In said negative-mold alignment mark subblock 63a1, NEGAMAKU (FIA mark) PM 9 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 whose array direction is the line breadth of 24 micrometers of X shaft orientations is arranged. Moreover, in the negative-mold alignment mark subblock 63a2, NEGAMAKU (FIA mark) PM 10 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 whose array direction is the line breadth of 24 micrometers of Y shaft orientations is arranged.

[0082] In said positive type last shipment mark subblock 64b, POJIMAKU PM 11 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 to the line breadth of 0.4 micrometers - 4.0 micrometers is arranged. Here, POJIMAKU means the mark formed by patterns, such as chromium, in the square (extracting field) of the other mark keepout area of predetermined area. In addition, in this positive type last shipment mark subblock 64b, POJIMAKU PM 12 for the abnormality measurement in line breadth is arranged as an application measurement mark. As a L/each S mark, the periodic direction is established for the thing of X shaft orientations, and the thing of Y shaft orientations.

[0083] POJIMAKU PM 13 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 of different line breadth which makes the periodic direction X shaft orientations in said positive type sequential coma mark subblock 65b1 is arranged at fixed spacing. POJIMAKU PM 14 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 of different line breadth which makes the periodic direction Y shaft orientations in the positive type sequential coma mark subblock 65b2 is arranged at fixed spacing.

[0084] In said 1-dimensional positive type box mark subblock 66b1, a thick line pattern with a line breadth of about 40 micrometers and POJIMAKU PM 15 which consists of the 1-dimensional mark with which the thin line pattern with a line breadth of about 0.4-0.56 micrometers was located in a line with X shaft orientations at intervals of predetermined (for example, about 40 micrometers) are arranged. Moreover, in

said 1-dimensional positive type box mark subblock 66b2, POJIMAKU PM 16 which is constituted like a mark PM 15 and makes the array direction Y shaft orientations is arranged.

[0085] In said positive type addition mark subblock 67b, POJIMAKU, such as the last shipment mark PM 17 of those other than 1:1, for example, a with a duty ratios of 1:9 or more false ***** mark, the wedge-action-die mark (SMP mark) PM 18, and other isolated lines, is arranged for the duty ratio of various line breadth. The array direction is established [these marks PM 17 and PM18 grade] for the thing of X shaft orientations, and the thing of Y shaft orientations.

[0086] In said positive type alignment mark subblock 63b1, POJIMAKU (FIA mark) PM 19 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 whose array direction is the line breadth of 24 micrometers of X shaft orientations is arranged. Moreover, in the positive type alignment mark subblock 63b2, POJIMAKU (FIA mark) PM 20 which consists of the last shipment mark of the duty ratio 1:1 whose array direction is the line breadth of 24 micrometers of Y shaft orientations is arranged.

[0087] In addition, in the AIS mark block 62, NEGAMAKU (BOX mark) PM 21 which consists of the square mark of 120-micrometer angle (it is 30-micrometer angle on a wafer side at the projection scale factors 1/4), the Line in Box mark PM 22 (about this, it mentions later further), etc. are arranged.

[0088] Here, the approach of space image measurement using the space image measuring instrument 59 is explained briefly. As a premise, as shown in drawing 6 (A), the slit 22 of predetermined width-of-face 2D extended to X shaft orientations shall be formed in the slit plate 90.

[0089] As the movable reticle blind 12 is driven through a non-illustrated blind driving gear and is shown in drawing 2 by the main control unit 20 in measurement of a space image, the lighting field of the illumination light IL of Reticle R is restricted only to a predetermined field including the measurement mark PM. Here, as a measurement mark PM, the mark PM 1 which the duty ratio 1:1 which has periodicity mentioned [which mentioned above and last-shipment-marked] above shall be used for Y shaft orientations.

[0090] In this condition, if the illumination light IL is irradiated by the reticle mark plate RFM, as shown in drawing 2, the light (illumination light IL) diffracted and scattered about by the measurement mark PM will be refracted according to a projection optical system PL, and space image (projection image) PM' of the measurement mark PM will be formed in the image surface of this projection optical system PL. At this time, the wafer stage WST shall be set as the location where said space image PM' is formed in the +Y side (or the -Y side) of the slit 22 on the slit plate 90 of the space image measuring instrument 59. The top view of the space image measuring instrument 59 at this time is shown in drawing 6 (A).

[0091] And with a main control unit 20, as the wafer stage WST is shown by the arrow head F in drawing 6 (A) through a wafer stage drive system, when it drives in the direction of +Y, a slit 22 is scanned by Y shaft orientations to space image PM'. During this scan, the light (illumination light IL) which passes a slit 22 is received with a photosensor 24 through the optical derivation section in the wafer stage WST, Mirror M, and the light-receiving lens 89, and that photo-electric-translation signal is supplied through a digital disposal circuit 42 at a main control unit 20. In a main control unit 20, the optical intensity distribution corresponding to space image PM' are measured based on the photo-electric-translation signal.

[0092] An example of the photo-electric-translation signal (signal on the strength [optical]) P acquired in the case of the above-mentioned space image measurement is shown in drawing 6 (B).

[0093] In this case, an image equalizes space image PM' under the effect of the width of face (2D) of the scanning direction (Y shaft orientations) of a slit 22.

[0094] Therefore, the relation of on the strength signal m (y) which will be observed with intensity-distribution [of a space image] i (y) if m (y) can express [the intensity distribution of p (y) and a space image] a slit with the following (1) type for i (y) and the signal on the strength [optical] observed. Let the unit of intensity-distribution i (y) and on the strength signal m (y) be the reinforcement of the hit by unit length in this (1) type.

[0095]

[Equation 1]

$$m(y) = \int_{-\infty}^{\infty} p(y-u) \cdot i(u) du \quad \dots(1)$$

[0096]

[Equation 2]

$$p(y) = \begin{cases} 1(|y| \leq D) \\ 0(|y| > D) \end{cases} \quad \dots(2)$$

That is, on the strength signal $m(y)$ observed becomes the convolution of intensity-distribution [of SURITSU** $p(y)$ and a space image] $i(y)$.

[0097] Therefore, from the field of measurement precision, width-of-face (it is only hereafter called "slit width") $2D$ of the scanning direction of a slit is so good that it is small. When using PMT as a photosensor 24 like this operation gestalt, if a scan speed is made late and many hours are spent on measurement even if slit width becomes very small, detection of the quantity of light (optical reinforcement) is possible. However, since the scan speed at the time of space image measurement has fixed constraint from the field of a throughput actually, if slit width $2D$ is too small, the quantity of light which penetrates a slit 22 will become small too much, and measurement will be difficult.

[0098] As for slit width $2D$, according to the knowledge which the artificer acquired by simulation, experiment, etc., it is desirable to consider as one half extent of the resolution limit pitch (pitch of the last shipment pattern of a duty ratio 1:1) of an aligner.

[0099] The space image measurement approach using the space image instrumentation mentioned above is used for detection of an a. best focus location, detection of the image formation location of b. pattern image, base-line measurement of c. alignment microscope ALG, etc.

[0100] Since c. base-line measurement in the aligner 100 of this operation gestalt was already explained, detection of the above-mentioned a. best focus location and detection of the image formation location of b. pattern image are explained hereafter.

[0101] On the slit plate 90 which constitutes the space image measuring instrument 59 below, as shown in drawing 7, slit 22a of predetermined width-of-face $2D$ and die-length L extended to X shaft orientations and slit 22b of predetermined width-of-face $2D$ and die-length L extended to Y shaft orientations are formed. Here, $2D$ is 0.3 micrometers and L is 16 micrometers. Moreover, about 4 micrometers slit 22b is separated, is arranged at the -X side of slit 22a, and is separated about 4 micrometers and arranged at the +Y side. Moreover, light-receiving shall be possible also about the light which penetrated any of Slits 22a and 22b with the photosensor 24 through the optical derivation section inside the wafer stage WST, Mirror M, and the light-receiving lens. In addition, especially in the following, as long as there is no need, it is called a slit 22, without distinguishing Slits 22a and 22b.

[0102] <Detection of a best focus location> Detection of this best focus location is used for the objects, such as detection of the best focus location of for example, the A. projection optical system PL, detection of the best image formation side (image surface), and B. spherical-aberration measurement.

[0103] With this operation gestalt, the best focus location of a projection optical system PL is detected as follows. The last shipment mark PM 1 of the duty ratio 1:1 on the reticle mark plate RFM, for example, last shipment NEGAMAKU with a line breadth [within the AIS mark block 621 located focusing on X shaft orientations of the reticle mark plate RFM] of 0.8 micrometers (it is line width of face of 0.2 micrometers on a wafer), is used for detection of this best focus location as a measurement mark PM.

[0104] First, in a main control unit 20, a reticle stage RST is moved to the predetermined point (here on the optical axis of a projection optical system PL) which should measure a best focus location within the effective visual field (it corresponds to the lighting field IAR) of a projection optical system PL that the measurement mark PM 1 on the reticle mark plate RFM should be positioned.

[0105] Next, in a main control unit 20, actuation control of the movable reticle blind 12 is carried out, and a lighting field is restricted so that only the predetermined field to which the illumination light IL contains measurement mark PM1 part may irradiate. A slit scan method performs space image measurement of the measurement mark PM like the above-mentioned, irradiating the illumination light IL at the measurement mark PM 1, and scanning the wafer stage WST to Y shaft orientations like the above-mentioned in a main control unit 20, in this condition.

[0106] In a main control unit 20, a multiple-times repeat and the signal (photo-electric-translation signal) of

each time on the strength [optical] are memorized in memory, changing the location (namely, Z location of the wafer stage WST) of Z shaft orientations of the slit plate 90 for this space image measurement at a predetermined step.

[0107] And in a main control unit 20, the contrast which is the predetermined amount of assessment obtained based on two or more signals (photo-electric-translation signal) of each on the strength [optical] acquired by said repeat, for example, the gain of a primary frequency component and a zero-order frequency component which carried out the Fourier transform of two or more signals on the strength [optical], respectively, is searched for. As an amount of assessment, amplitude or surface ratio of a sine wave etc. which makes a period peak value besides contrast and a mark pitch can be used.

[0108] Subsequently, in a main control unit 20, the location (Z coordinate) of Z shaft orientations of the slit plate 90 of the peak of those amounts of assessment is determined as a best focus location.

[0109] Usually, on the occasion of detection of a best focus, it is 0.15 micrometers in pitch spacing, and 15-step (step) extent change of the slit plate 90 is carried out.

[0110] Here, an example of the above-mentioned best focus location detection is explained using drawing 8. This drawing 8 shows an axis of abscissa for the measurement value (x mark in drawing 8) of the amounts of assessment, such as contrast of 13 points which the slit plate 90 was changed to Z shaft orientations in 13 steps (step), and was acquired on each point, as the Z-axis. Based on the measurement value of the amount of assessment of 13 points shown by x mark in drawing 8, it asks for the 4th approximation about curve C with the least square method. It asks for the intersection of this approximation curve C and the suitable threshold (threshold level) SL, and let the middle point of distance =2B during an intersection be a Z coordinate value corresponding to ** SUTOFOKASU.

[0111] Since amplitude or surface ratio of a sine wave etc. which makes contrast, peak value, and a mark pitch a period changes according to a focal location (the amount of defocusing), it can measure often [precision] and easily the best focus location of a projection optical system PL (decision).

[0112] In addition, the false isolated line PM 7 which made the others and isolated line or pitch of the duty ratio 1:1 mentioned above about 10 times of line breadth as a measurement mark used for measurement of a best focus location, for example, the mark mentioned above, can be used. [mark / last shipment]

[0113] Moreover, detection of the image surface configuration of a projection optical system PL can be performed as follows.

[0114] First, in a main control unit 20, to two or more [in the effective visual field of a projection optical system PL], a reticle stage RST is moved so that the measurement mark PM 1 within each AIS mark block 62 on the reticle mark plate RFM may be arranged.

[0115] Next, in a main control unit 20, the movable reticle blind 12 restricts the lighting field, the sequential exposure of the illumination light IL is carried out, detection of the best focus location in above-mentioned each point is performed to each measurement mark PM 1 like the above-mentioned so that the illumination light IL may be irradiated by only the predetermined field including the measurement mark PM 1 of each point, and the result is memorized in memory.

[0116] Subsequently, in a main control unit 20, to two or more [in the effective visual field of a projection optical system PL / another], a reticle stage RST is moved so that the measurement mark PM 1 within each AIS mark block 62 on the reticle mark plate RFM may be arranged, detection of the best focus location in above-mentioned each point is performed like the above-mentioned, and the result is memorized in memory.

[0117] And in a main control unit 50, the image surface configuration of a projection optical system PL is computed by performing a predetermined statistical procedure based on each obtained best focus location. At this time, a curvature of field may also be computed apart from an image surface configuration. In addition, necessarily not using two or more measurement marks, for example, making two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL carry out sequential migration of the single measurement mark in measurement of an image surface configuration, measurement of an above best focus location may be repeated and may be performed.

[0118] In addition, the astigmatism of a projection optical system PL is also measurable by detecting the best focus location which carried out the sequential exposure and mentioned the illumination light IL above to the two last shipment patterns at the predetermined point within the visual field of a projection optical

system PL as a measurement mark PM using two last shipment patterns arranged by X shaft orientations (or the sagittal direction) and Y shaft orientations (or the meridional direction) in the same pitch, respectively.

[0119] The above can perform detection of the best focus location of the A. projection optical system PL mentioned above, and detection of the best image formation side (image surface).

[0120] Moreover, detection of the spherical aberration of a projection optical system PL can be performed as follows.

[0121] On the occasion of detection of this spherical aberration, namely, for example in the AIS mark block 621 located focusing on X shaft orientations of the reticle mark plate RFM The plurality from which a period differs in Y shaft orientations by the same line width of face by which predetermined distance partition ***** was carried out, For example, the 2nd last shipment mark of Y shaft orientations whose period is specifically 4 micrometers by the 1st last shipment mark of the last shipment mark of two Y shaft orientations and Y shaft orientations whose period is 2 micrometers by line width of face of 1 micrometer, and line width of face of 1 micrometer is used as a measurement mark PM.

[0122] First, in a main control unit 20, in order to position the 1st last shipment mark on the optical axis of a projection optical system PL, for example, it moves in a reticle stage RST. And the best focus location which was positioned on the optical axis and which used the movable reticle blind 12 only near the 1st last shipment mark, set up the lighting field, and was mentioned above about the 1st last shipment mark is detected, and the result is memorized in memory.

[0123] Next, in a main control unit 20, to the location where the 2nd last shipment pattern is illuminated by the illumination light, it moves in a reticle stage RST, the best focus location mentioned above about the 2nd last shipment pattern is detected, and the result is memorized in memory.

[0124] And in a main control unit 20, it does in this way, and is obtained and spherical aberration is searched for by performing a predetermined operation based on the difference of the best focus location about each measurement mark memorized in memory.

[0125] <Detection of the image formation location of a pattern image> Detection of the image formation location of a pattern image is performed for each object of the scale factor of C. projection optical system and distortion measurement, comatic-aberration measurement of D. projection optical system, and telecentricity (lighting TERESSEN) measurement of E. projection optical system.

[0126] The measurement mark varies with the object. If it classifies, it will become as it is shown in the following table 1. Here, since it is desirable for the measurement result of the image formation property of a projection optical system based on space image measurement to be in agreement with the measurement result of the image formation property can be burned and according to law mentioned above and a basic target, with a table 1, it can be burned and the space image measurement mark (space image measurement mark) is shown with the measurement mark.

[0127]

[A table 1]

目的	焼き付け測定用マーク	空間像計測用マーク
C投影レンズ倍率・ディストーション測定	Box in Box Mark、 大L/Sマーク	Box in Box Mark、 大L/Sマーク
D投影レンズコマ収差測定	Line in Box Mark、 L/Sマーク	Line in Box Mark、 L/Sマーク、大小L/Sマーク
E照明テレセン測定	Box in Box Mark、 大L/Sマーク	Box in Box Mark、 大L/Sマーク

[0128] Next, the scale factor of a projection optical system PL and distortion measurement are explained.

On the occasion of the scale factor of this projection optical system PL, and distortion measurement, the BOX mark PM 21 of 120-micrometer angle within each AIS mark block 62 on the reticle mark plate RFM mentioned above (on a wafer side, it is 30-micrometer angle at the projection scale factors 1/4) is used as a measurement mark PM.

[0129] First, in a main control unit 20, it moves in a reticle stage RST so that the measurement mark PM 21 may be arranged two or more [in the effective visual field of a projection optical system PL], respectively.

[0130] Next, in a main control unit 20, the movable reticle blind 12 is controlled and a lighting field is restricted so that only a predetermined field part including the measurement mark PM 21 to which the illumination light IL is located in the 1st detecting point within the effective visual field of a projection

optical system PL may irradiate. In this condition, the illumination light IL is irradiated with a main control unit 20 at the measurement mark PM 21. Thereby, as shown in drawing 9, the pattern image of the shape of a square of space image PM21' of the measurement mark PM 21, i.e., about 30micro angle, is formed.

[0131] And in a main control unit 20, to this space image PM21', slit 22a on the slit plate 90 drives the wafer stage WST in the direction of arrow-head A, performs space image measurement by the slit scan method so that it may be scanned by Y shaft orientations, and it memorizes that signal on the strength [optical] in memory. Subsequently, in a main control unit 20, to space image PM21', slit 22b on the slit plate 90 drives the wafer stage WST, performs space image measurement by the slit scan method so that it may be scanned by X shaft orientations, and it memorizes the signal on the strength [optical] in memory. And in a main control unit 20, it asks for the image formation location (X, Y coordinate location) of the measurement mark PM 21 based on the acquired signal on the strength [optical] by the technique of edge detection using the technique of well-known phase detection, or a slice method etc.

[0132] Also as opposed to the measurement mark PM 21 which similarly is located in the detecting point of the 2nd henceforth within the effective visual field of a projection optical system PL with a main control unit 20, respectively The movable reticle blind 12 restricts the lighting field so that the illumination light IL may be irradiated by only the predetermined field including the measurement mark PM 21. The slit scan method mentioned above for each point performs space image measurement, and it asks for the image formation location (X, Y coordinate location) of a measurement mark on obtained each point. And in a main control unit 20, at least the scale factor of a projection optical system PL and one side of distortion are computed based on (X and the Y coordinate location) of the measurement mark about each acquired detecting point.

[0133] However, in pattern image PM21' of single 30-micrometer angle, even if it carries out a slit scan, the edge of the image has only two places and measurement precision may not be acquired enough. In such a case, what is necessary is just to use pattern [the big last shipment pattern which is extent which does not almost have being influenced of comatic aberration], for example, line width of face 4 micrometers or more, last shipment mark (for this space image to turn into last shipment mark image with a line width of face of 1 micrometer) PM1 grade as a measurement mark PM. In case space image measurement of such a measurement mark PM is performed, the condition that space image PM' of the measurement mark PM was formed on the slit plate 90 is shown in drawing 10.

[0134] As mentioned above, when measuring the distortion of a projection optical system PL from the image formation location (X, Y coordinate location) of two or more measurement marks located in two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL, it sets. The image formation location of a measurement mark [in / the detecting point of the arbitration of two or more detecting points is made into a reference point, and / the reference point] (X, Y coordinate location), It is desirable to detect the relative position within XY side with the image formation location (X, Y coordinate location) of the measurement mark in points other than the reference point, and to ask for the distortion of a projection optical system PL from the relative position. In this case, what is necessary is to make a sequential change of the lighting field with the movable blind 12, and just to perform detection for the relative position within XY side of the image formation location (X, Y coordinate location) of space image measurement and a measurement mark to a field including the measurement mark arranged at an origin/datum and detecting points other than an origin/datum. If it does in this way, even if the drift etc. has arisen in the wafer interferometer 31 which measures the location of the wafer stage WST (slits 22a and 22b) The measurement result of the image formation location (X, Y coordinate location) of the measurement mark in a reference point, As a result of including the equivalent measurement error resulting from the above-mentioned drift etc. in the measurement result of the image formation location (X, Y coordinate location) of the measurement mark in points other than a reference point, the effect of a drift will almost be included in the above-mentioned relative position. Therefore, the effect of the drift of the interferometer under measurement etc. can be suppressed to the minimum. Moreover, since the movable reticle blind 12 restricts the exposure field of the illumination light for whenever [of the measurement in each detecting point / every], the amount of incidence of the illumination light to the projection optical system PL under measurement can be controlled.

[0135] Next, the measurement approach of the comatic aberration of a projection optical system is

explained. The 1st approach measurement of comatic aberration uses a last shipment mark as a measurement mark, and the 2nd approach using a Line in Box mark as a measurement mark are mentioned typically.

[0136] (The 1st approach) When it can be burned and measures comatic aberration by law, the method of using the line breadth outlying observation of the small last shipment mark image near the resolution limit is learned. Here, line breadth outlying observation is a value used as the index showing the unsymmetrical degree of the resist image formed of baking. For example, if it explains taking the case of the resist image of 0.2micromL/S mark (design value) shown in drawing 11 , the line breadth outlying observation A will be defined like the following (3) types using the line breadth L1 and L5 of the line pattern of ends.

[0137]

[Equation 3]

$$A = \frac{L1 - L5}{L1 + L5} \quad \dots(3)$$

[0138] A is usually engine performance less than 3% is wished to a projection optical system (projection lens).

[0139] Also in space image measurement, the line breadth outlying observation of such a last shipment pattern image is directly measurable. In this case, although what is necessary is just to use the technique of the edge detection by the slice method, it is desirable to determine that threshold as slice level by being in charge of the decision of slice level, making binary the signal on the strength [optical] corresponding to a space image with a suitable threshold (threshold level), and performing easy resist image simulation of bringing close to the line breadth of a resist image.

[0140] Hereafter, the measurement approach of the comatic aberration by measurement of this line breadth outlying observation is explained. last shipment NEGAMAKU which has been arranged in each AIS mark block 62 of the reticle mark plate RFM and which has periodicity in Y shaft orientations of a duty ratio 1:1 by line width of face of 0.8 micrometers (it is 0.2 micrometers on a wafer side) is used for measurement of this comatic aberration as a measurement mark PM, for example.

[0141] In a main control unit 20, in in this case, the same procedure as the time of the scale factor and distortion measurement mentioned above Sequential measurement of the space image of each measurement mark arranged at two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL is carried out. Ask for the intersection of each signal on the strength [optical] and slice level, respectively, and it asks for the line width of face of each line about each of space image PM' from the Y coordinate (or X coordinate) of the called-for intersection. Based on this line width of face, each line breadth outlying observation is computed based on (4) types, and the comatic aberration of a projection optical system PL is searched for based on this calculation result.

[0142] In addition, it is an independent last shipment pattern containing five line patterns, and each measurement mark PM may use the application measurement mark PM 2 which is the compound mark pattern with which five last shipment patterns constructed more than one the predetermined period, and have been arranged and which was mentioned above as each measurement mark PM as each measurement mark PM, when the measurement precision of line breadth outlying observation is inadequate. When this application measurement mark PM 2 is used, signs that space image PM2' of the application measurement mark PM 2 was formed on the slit plate 90 are shown in drawing 12 .

[0143] The frequency component f1 of 0.4-micrometer pitch corresponding to [as this space image PM2' is shown in drawing 13] the pitch of each line pattern of two fundamental frequency components, i.e., a photo-electric-translation signal, (the 1st fundamental-frequency component), every -- the 2nd fundamental-frequency component corresponding to the width of face of the whole L/S pattern, i.e., every, -- for example, it has the frequency component f2 corresponding to 3.6-micrometer pitch which is the repeat period (arrangement pitch of the mark group who consists of a mark of five) of a L/S pattern.

[0144] Therefore, it is good also as computing by the technique of phase detection of the phase contrast of the 1st fundamental-frequency component of each signal on the strength [optical], and the 2nd fundamental-frequency component, and searching for the comatic aberration of a projection optical system PL in the same procedure as the above-mentioned, in a main control unit 20, based on this calculation result,

when space image measurement is performed and the signal on the strength [optical] corresponding to space image PM2' of the measurement mark PM 2 is acquired. In addition, as for the ratio of the arrangement pitch (the upper example 3.6 micrometers) of the mark group who consists of an arrangement pitch (the upper example 0.4 micrometers) of this field notch mark, and a mark of five, considering as an integral multiple is desirable from signal processing.

[0145] (The 2nd approach) Next, the 2nd measuring method of comatic aberration is explained. By this approach, the Line in Box mark PM 22 mentioned above is used as a measurement mark PM. This mark PM 22 is a mark by which one side is this alignment inside the square pattern of D1 (1= 120 micrometers of for example, D), and the tooth-space pattern (width of face D3) of the square of D2 (2= 80 micrometers of for example, D) was formed for one side, as shown in drawing 14 . If it can be burned on a wafer and this mark PM 22 is developed, the striation of 20-micrometer angle will be simultaneously formed in the core of the resist remnants mark of 30-micrometer angle. As for a striation, it is desirable to consider as the size of (wavelength / N.A.) / or less 2 extent, therefore, as for D3, it is desirable that it takes the 4 or less times for extent. For example, D3 is set to 0.4 micrometers.

[0146] Since a strike slip will be larger than a thick wire and the direction of a thin line will occur if image formation of this Line in Box mark PM 22 is carried out by the projection optical system with comatic aberration, a striation carries out eccentricity and symmetric property collapses. Therefore, the effect of comatic aberration can be known by measuring the eccentricity of the striation, i.e., extent of how depending on which symmetric property collapses.

[0147] So, in a main control unit 20, the same procedure as the time of the scale factor and distortion measurement mentioned above performs space image measurement of each mark PM 22 arranged at two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL, and the signal on the strength [optical] corresponding to each is acquired. And based on the intersection of each signal on the strength [optical] and predetermined slice level, a gap of the symmetric property of the space image of each mark PM 22 is computed, and the comatic aberration of a projection optical system PL is searched for based on this calculation result.

[0148] It thinks, also when SURITSU ** of the non-measuring direction interferes with a space image on arrangement of the slits 22a and 22b on the slit plate 90 in the above-mentioned case. In such a case, it may replace with the above-mentioned mark PM 22, for example, a thin line pattern with a line breadth of about 0.4-0.6 micrometers may use the mark PM 6 (or PM5) of the right-and-left (or upper and lower sides) symmetry located in a line at intervals of predetermined (for example, about 40 micrometers) marked for example, mentioned above one dimension in the measurement direction as a measurement mark PM with a thick line pattern with a line breadth of about 4 micrometers.

[0149] The condition that space image PM6' of such a measurement mark PM 6 was formed on the slit plate 90 is shown in drawing 15 . In this drawing 15 , D4 is 10 micrometers and D5 is 0.1-0.15 micrometers. The comatic aberration of a projection optical system PL may be detected by detecting the signal on the strength [optical] corresponding to such space image PM6' by the approach of the edge detection by the slice method.

[0150] Of course, in order to improve measurement repeatability also in this case, it is good also as a thing like drawing 16 for which the space image of the measurement mark by which repeat arrangement was carried out is detected.

[0151] Next, the measuring method of lighting TERESSEN (telecentricity of a projection optical system PL) is explained.

[0152] Lighting TERESSEN measures and determines the variation from which an image position changes with defocusing. The big measurement mark which is not influenced of comatic aberration like a scale factor and De Dis **-SHON measurement as a measurement mark is required. When it burns and is based on the ** method, Box in Box Mark or a large last shipment mark is used, it is three points, a best focus location, the defocusing location which is about +1 micrometer, and the defocusing location which is about -1 micrometer, and exposes, respectively, the relation between an image position and a focal location is measured, and calculating lighting TERESSEN (= (the amount of strike slips / the amount of defocusing of an image)) is performed. Using the big measurement mark which is not similarly influenced of comatic aberration with be burned, in space image measurement, the absolute location (image formation location) of

a space image is measured in each focal location, and it calculates lighting TERESSEN.

[0153] If this is explained further in full detail, a measurement mark will be located in the 1st detecting point within the effective visual field of a projection optical system PL, the space image of the measurement mark will be formed, and the space image of the measurement mark PM will be measured by the slit scan method in the 1st location about the direction of an optical axis of a projection optical system PL (Z shaft orientations). That is, photo electric translation of the light which scanned the slit 22 relatively to the space image, and minded the slit 22 is carried out with a photosensor 24, and the optical intensity distribution corresponding to a space image are measured. Subsequently, the measurement mark PM is located in the 2nd detecting point within the effective visual field of a projection optical system PL, the space image of the measurement mark is formed, and the space image of the measurement mark PM is measured by the slit scan method in the 2nd location of Z shaft orientations. And the image formation location within XY side of the space image obtained from the measurement result of a space image in case the slit plate 22 (slit plate 90) is in the 1st location of Z shaft orientations, It asks for the image formation location and relative-position relation within XY side of the space image obtained from the measurement result of a space image in case the slit plate 22 (slit plate 90) is in the 2nd location of Z shaft orientations, and the telecentricity of a projection optical system PL is computed from this relative-position relation.

[0154] In this case, the image formation location within XY side of the space image obtained from the measurement result of having measured the space image of the measurement mark located in the 1st detecting point within the effective visual field of a projection optical system PL in the field corresponding to the 1st location of Z shaft orientations (1st image formation location), Relative-position relation with the image formation location within XY side of the space image obtained from the measurement result of having measured the space image of the measurement mark located in the 2nd detecting point within the effective visual field of a projection optical system PL in the field corresponding to the 2nd location of Z shaft orientations (2nd image formation location), That is, the telecentricity of a projection optical system PL is computed based on the relative distance of the 1st image formation location and the 2nd image formation location, and the distance of the 1st location of Z shaft orientations, and the 2nd location. For this reason, even if the drift etc. has arisen in the wafer interferometer 31 on the occasion of measurement of the 1st image formation location and the 2nd image formation location, as a result of including an equivalent error in the measurement result of the 1st image formation location and the 2nd image formation location, highly precise measurement of the telecentricity which does not almost have the effect of the measurement error resulting from an interferometer drift etc. is attained, for example.

[0155] In this case, the space image of that measurement mark is measured by the slit scan method, changing Z location of the slit plate 90 for the space image of the measurement mark located in three or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL. In [of a space image] measuring a location (image formation location) about each focal location absolutely The focal location of the arbitration of these two or more focal locations is made into a criteria focus location. What is necessary is just to suppose that the relative position of the location within XY side of the space image of the measurement mark in a criteria focus location and the location in XY side of the space image of the measurement mark of those other than a criteria focus location is measured, and lighting TERESSEN of a projection optical system PL is measured based on the relative-position physical relationship.

[0156] In this case, when it sets, for example, a criteria focus location is set up near the best focus location, it is good also as measuring the location within XY side of the space image of the measurement mark which the that +Z and -Z side came out, respectively, and has been arranged at least in Z location of one point each at two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL.

[0157] In addition, on the occasion of measurement of lighting TERESSEN, the single measurement mark on the reticle mark plate RFM is used. Carry out sequential positioning of this mark at two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL, and Z location of the slit plate 90 is changed for the image formation location of a measurement mark at each detecting point. Sequential measurement may be carried out, Z location of the slit plate 90 may be changed and sequential measurement of the image formation location of the measurement mark of the reticle mark plate RFM top plurality simultaneously positioned by two or more detecting points within the effective visual field of a projection optical system PL may be carried out.

[0158] As explained to the detail above, according to this operation gestalt, both two or more kinds of measurement marks PM 1 used for the various self-measurement formed in the reticle mark plate RFM of the reticle stage RST near the body side focal plane location of the projection optical system PL which can be illuminated by the illumination light IL - PM22 grade can be located. For this reason, various self-measurement is attained, without preparing the original edition for measurement of dedication independently by irradiating the illumination light IL at the measurement mark PM, carrying out image formation of the image of that measurement mark PM 1 - PM22 grade near the image side focal focus of a projection optical system PL, and detecting that image.

[0159] With a main control unit 20, some reticle mark plates [at least] RFM are specifically illuminated by the illumination light IL, for example. When the space image of the measurement mark illuminated by the projection optical system PL by the illumination light IL near the image side focal plane is formed By space image measurement of a slit scan method which drives the slit plate 90 WST, i.e., a wafer stage, so that the relative scan of this space image and the slit 22 may be carried out It is possible to perform self-measurement of optical properties, such as the best focus location of the projection optical system PL mentioned above, an image surface configuration (a curvature of field is included), spherical aberration, distortion, a scale factor, comatic aberration, and lighting TERESSEN, base-line measurement of the alignment system ALG, etc. The migration control unit is constituted from this operation gestalt by the main control unit 20 so that more clearly than this.

[0160] For example, in a main control unit 20, calibrations, such as offset setting out of the detection output of each focal sensor (photo detector) which constitutes a multipoint focal location detection system (60a, 60b), or resetting of a home position, can be carried out to high degree of accuracy based on the measurement result of a best focus location and an image surface configuration.

[0161] Moreover, in a main control unit 20, it becomes possible to regulate [of the aberration which amends the various above-mentioned aberration of a projection optical system] automatically by driving at least one projection lens which constitutes a projection optical system PL in the dip direction to the field which intersects perpendicularly with the direction of an optical axis, and an optical axis through a non-illustrated image formation property amendment system based on the measurement result of various aberration, such as a curvature of field, distortion, a scale factor, and comatic aberration.

[0162] Moreover, it is also possible to make the automatic correction of lighting TERESSEN in a main control unit 20 by driving the relay lens which is not illustrated within an illumination system 10 based on the measurement result of above-mentioned lighting TERESSEN.

[0163] Moreover, in a main control unit 20, based on the measurement result of the above-mentioned base line, it can perform regulating [of the base line] automatically easily, consequently wafer alignment precision can be raised.

[0164] In addition, a reticle stage RST (reticle mark plate RFM) may be moved, or the reverse sense may be made to move mutually simultaneously in a main control unit 20, in the wafer stage WST (slit plate 90) and a reticle stage RST, while the wafer stage WST (slit plate 90) had been made to stand it still on the occasion of space image measurement.

[0165] According to the aligner 100 of this operation gestalt, precision is good using the alignment system ALG by which automatic amendment of the base line was carried out by the base-line measurement mentioned above. Wafer alignment (EGA) etc. is performed. At the time of scan exposure substantial to the image surface where the calibration carried out auto-focusing of Wafer W, and auto leveling to high degree of accuracy, and had the wafer W front face measured using the multipoint focal location detection system (60a, 60b) carried out to high degree of accuracy, making it agree Since the circuit pattern of Reticle R lays on top of each shot field on Wafer W and is imprinted through the projection optical system PL by which many aberration was adjusted to high degree of accuracy, the exposure which maintained highly exposure precision (superposition precision and a focal doubling precision are included) is attained.

[0166] In addition, since the scale-factor error of a projection optical system PL affects the superposition precision of the circuit pattern of Reticle R, and the shot field on Wafer W, it is desirable to, perform scale-factor measurement of a projection optical system PL and automatic amendment based on the result by high frequency if possible. However, since measurement takes the time amount about ** to the space image measurement by the slit scan method mentioned above, carrying out frequently causes lowering of a

throughput.

[0167] In case a main control unit 20 exposes Wafer W by the lot unit, so, at the time of exposure of the wafer W of each lot head Space image measurement of the measurement mark on the reticle mark plate RFM is performed using the reticle mark plate RFM and the space image instrumentation 59. Based on the measurement result, the scale factor of a projection optical system PL is computed. At the time of exposure of wafers other than the head in each lot The image through the projection optical system PL of one alignment mark of the reticle mark plate RFM and Reticle R and the reference mark which is not illustrated on the wafer stage WST is observed using the RA microscope 28, and it is supposed that the scale factor of a projection optical system PL is computed based on the observation result. Thereby, without reducing a throughput carelessly, it can maintain to the value of a request of the scale factor of a projection optical system PL, as a result superposition precision can be maintained highly.

[0168] Moreover, since space image measurement is performed using the illumination system 10 which constitutes an aligner 100 from this operation gestalt, space image measurement in combination with various lighting conditions (conventional lighting and zona-orbicularis lighting, deformation lighting, etc.), a reticle class (halftone reticle, usually reticle), etc. is possible. Therefore, it is possible to perform various self-measurement under the same or conditions near it as the time of exposure using the reticle mark plate RFM.

[0169] Even if various combination, such as exceptions, such as these reticle classes, object line breadth, an isolated line, and a high density line, and lighting conditions, is in the same aligner, they is managed by mutually different process program. It is desirable to prepare as the offset value of the measurement value and optimum conditions which follow, for example, become indispensable in a focal calibration can also be equivalent to such combination.

[0170] Usually, although adjustment of the aberration of a projection optical system PL etc. is performed for every different lighting conditions, the mark used in that case becomes the specific line breadth of an isolated line and a high density line. Therefore, if lighting conditions are decided, it will think that the measurement mark used for space image measurement is also decided, and will not interfere, and the total of the offset corresponding to a multiple-processes program becomes equal to the total of lighting conditions. With the reticle mark plate RFM of this operation gestalt, POJIMAKU which is close to each NEGAMAKU mainly used for space image measurement, can be burned, is alike, and is mainly used is arranged (refer to drawing 5). Therefore, it is possible to be burned, to measure the optical property of a projection optical system PL, to perform space image measurement of NEGAMAKU on the reticle mark plate RFM by law, based on this measurement result immediately after [for which POJIMAKU on this reticle mark plate RFM was used] adjusting a projection optical system PL, and to search for the above-mentioned offset easily based on that result.

[0171] In addition, it is necessary to also manage the error accompanying the difference (in the cases, such as the amount of bending) in the configuration of the reticle for device manufacture, and the reticle mark plate RFM as offset. This is easily called for by comparing the measurement result of the space image of the mark on the reticle for device manufacture, and the mark on the reticle mark plate RFM. It is desirable to form the various measurement marks of the same class as RFM mentioned above to the reticle for device manufacture in this semantics.

[0172] In addition, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where this invention was applied to the projection aligner of step - and - scanning method, while imprinting the pattern of a mask to a substrate in the condition of having stood still not only this but the mask, and the substrate, this invention is applicable also to the aligner of the step-and-repeat mold which carries out step migration of the substrate one by one.

[0173] Moreover, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where this invention was applied to the aligner for semi-conductor manufacture, this invention is widely applicable to the aligner for manufacturing an aligner, the thin film magnetic head, the image sensor, the micro machine, the DNA chip and reticle, a mask, etc. for liquid crystal which imprint a liquid crystal display component pattern on the glass plate of not only this but a square shape etc.

[0174] Moreover, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where KrF excimer laser light (248nm), ArF excimer laser light (193nm), etc. were used as illumination light for exposure, the

higher harmonic of not only this but a g line (436nm), i line (365nm), F2 laser beam (157nm), copper steamy laser, and an YAG laser etc. can be used as illumination light for exposure.

[0175] Moreover, although each above-mentioned operation gestalt explained the case where a cutback system and refractive media were used as a projection optical system, actual size or an amplification system may be used not only as this but as a projection optical system, and any of refractive media, reflective refractive media, or a reflective system may be used.

[0176] in addition, while include the illumination light study system and projection optical system PL which consist of two or more lenses in the body of an aligner and carry out optical adjustment, the reticle stage RST and the wafer stage WST which consist of many machine parts can be attach in the body of an aligner, wiring and piping can be connect, and the aligner 100 of this operation gestalt can be manufacture by carry out comprehensive adjustments (electric adjustment, check of operation, etc.) further. In addition, as for manufacture of an aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0177] <<device manufacture approach>> The operation gestalt of the manufacture approach of the device which used the aligner 100 mentioned above next at the lithography process is explained.

[0178] The flow chart of the example of manufacture of devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, a liquid crystal panel, CCD, the thin film magnetic head, micro machine, etc.) is shown in drawing 17. As shown in drawing 17, first, in step 201 (design step), the function and engine-performance designs of a device (for example, circuit design of a semiconductor device etc.) are performed, and the pattern design for realizing the function is performed. Then, the mask in which the designed circuit pattern was formed is manufactured in step 202 (mask fabrication step). On the other hand, in step 203 (wafer manufacture step), a wafer is manufactured using ingredients, such as silicon.

[0179] Next, in step 204 (wafer processing step), a actual circuit etc. is formed on a wafer with a lithography technique etc. so that the mask and wafer which were prepared at step 201 - step 203 may be used and mentioned later. Subsequently, in step 205 (device assembly step), a device assembly is performed using the wafer processed at step 204. A dicing process, a bonding process, and processes, such as a packaging process (chip enclosure), are included in this step 205 if needed.

[0180] Finally, in step 206 (inspection step), the check test of the device created at step 205 of operation, a torture test, etc. are inspected. After passing through such a process, a device is completed, and this is shipped.

[0181] The detailed example of a flow of the above-mentioned step 204 in a semiconductor device is shown in drawing 18. In drawing 18, the front face of a wafer is oxidized in step 211 (oxidation step). An insulator layer is formed in a wafer front face in step 212 (CVD step). In step 213 (electrode formation step), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer in step 214 (ion implantation step). the above step 211 - step 214 -- each constitutes the head end process of each phase of wafer processing, and is chosen and performed according to required processing in each phase.

[0182] In each phase of a wafer process, termination of an above-mentioned head end process performs a tail end process as follows. By down stream processing, a sensitization agent is first applied to a wafer in step 215 (resist formation step) after this. Then, in step 216 (exposure step), the circuit pattern of a mask is imprinted to a wafer by the lithography system (aligner) and the exposure approach which were explained in the top. Next, in step 218 (etching step), the exposed member of parts other than the part into which the resist remains is removed by etching. And the resist which etching ended and became unnecessary is removed in step 219 (resist clearance step).

[0183] By carrying out by repeating the head end process and tail end process of these, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

[0184] If the device manufacture approach of this operation gestalt explained above is used, since the aligner of the above-mentioned operation gestalt will be used in an exposure process (step 216), the pattern of reticle can be imprinted with a sufficient superposition precision on a wafer. Consequently, it becomes possible to raise the productivity (for the yield to be included) of the device of a high degree of integration.

[0185]

[Effect of the Invention] It is effective in becoming possible to perform various self-measurement, without using the original edition for measurement of dedication according to the aligner of this invention, as

explained above.

[0186] Moreover, according to the optical property measurement approach of this invention, it is effective in the telecentricity of a projection optical system being measurable with a sufficient precision.

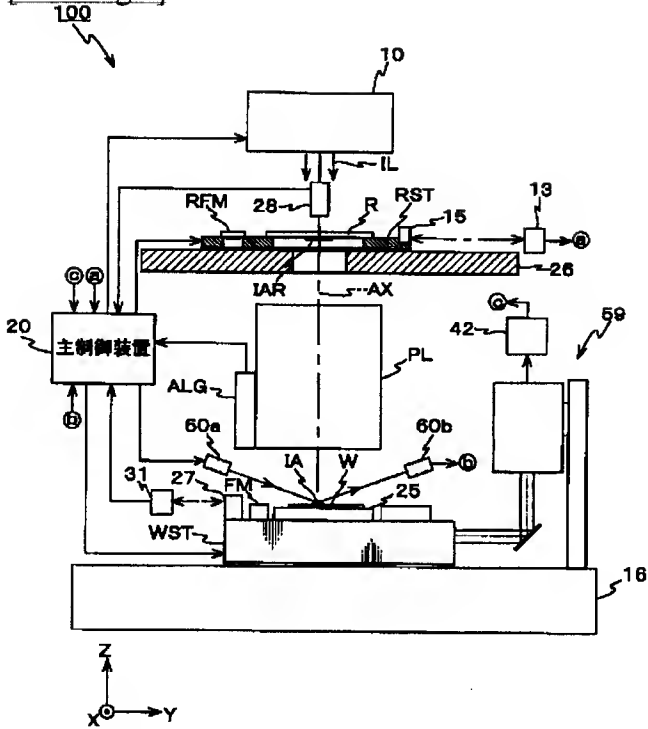
[0187] Moreover, according to the device manufacture approach of this invention, it is effective in the ability to raise the productivity of a device.

[Translation done.]

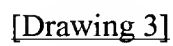
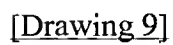
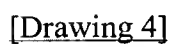
JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

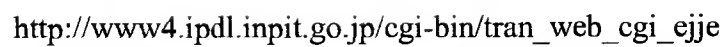
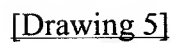
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1]

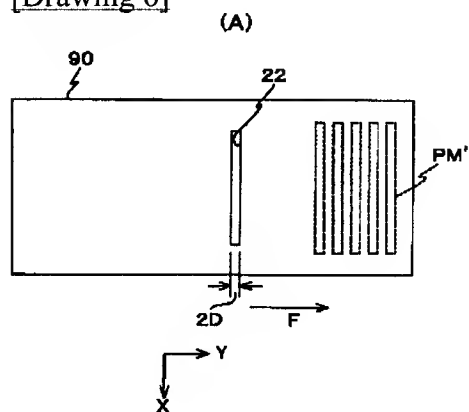


[Drawing 2]





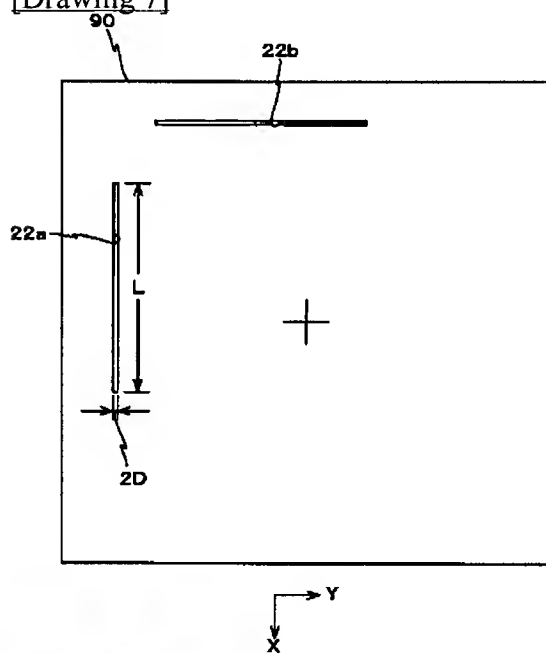
[Drawing 6]



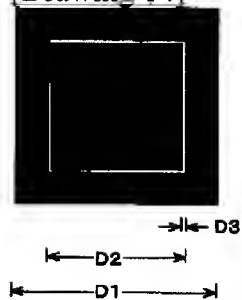
(B)



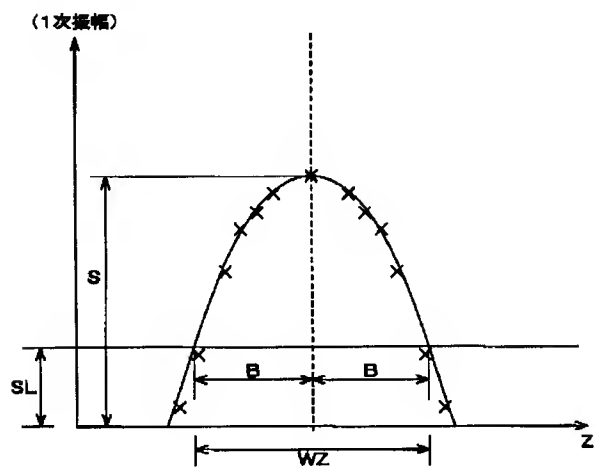
[Drawing 7]



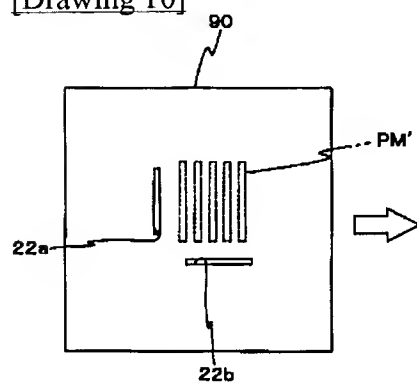
[Drawing 14]



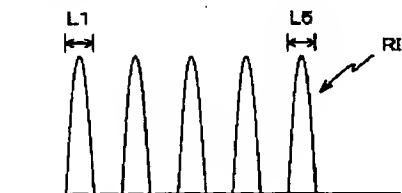
[Drawing 8]



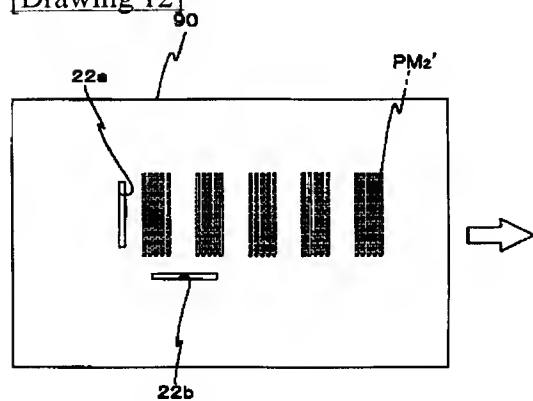
[Drawing 10]



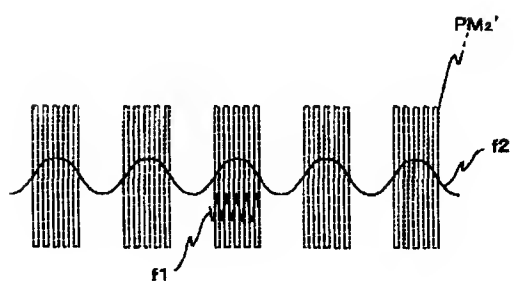
[Drawing 11]



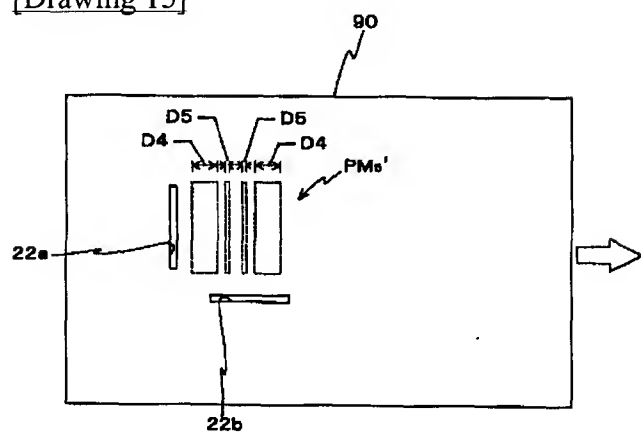
[Drawing 12]



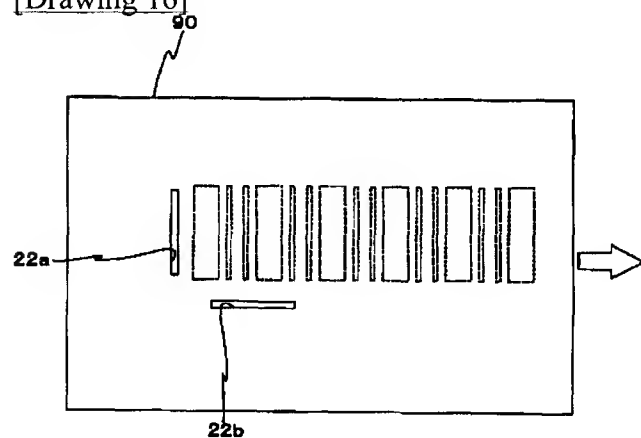
[Drawing 13]



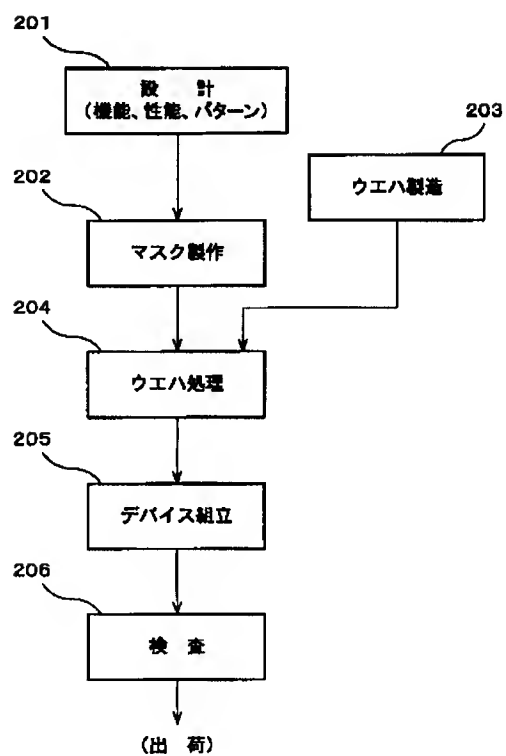
[Drawing 15]



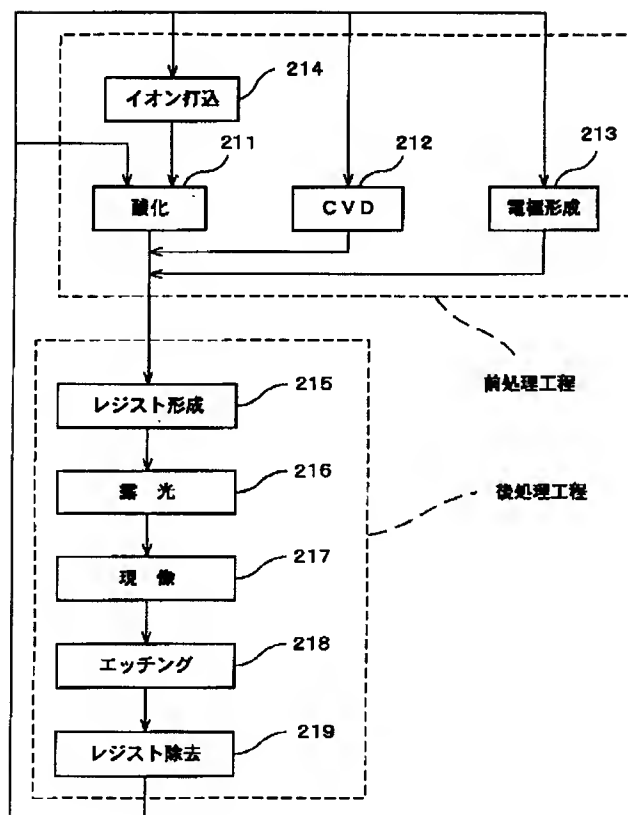
[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-198303
(P2002-198303A)

(43) 公開日 平成14年7月12日 (2002.7.12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 1 M 11/02	B 2 G 0 8 6
G 0 1 M 11/02		G 0 3 F 1/08	N 2 H 0 9 5
G 0 3 F 1/08		7/22	H 5 F 0 4 6
7/22		H 0 1 L 21/30	5 1 5 F
			5 1 6 A
審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 23 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-398444(P2000-398444)

(22) 出願日 平成12年12月27日 (2000.12.27)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 萩原 恒幸

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 近藤 尚人

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100102901

弁理士 立石 篤司

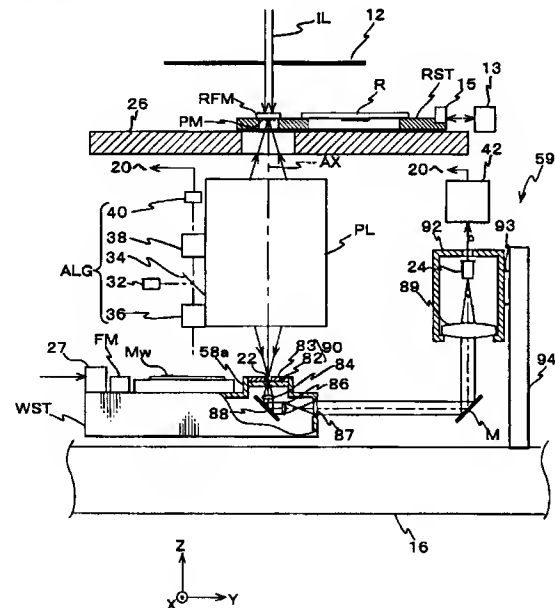
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、光学特性計測方法、及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 専用の計測用原版を用いることなく、各種自己計測を行うことが可能な露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置100は、各種自己計測に用いられる複数種類の計測用マークが形成されたレチクルFM板RFMと、レチクルFM板RFMが載置された移動ステージRSTと、スリット22が形成されたスリット板90を含む空間像計測器59とを備えている。ステージRSTによって、照明光ILによって照明可能な投影光学系PLの物体側焦点面位置近傍にレチクルFM板RFMに形成された各種自己計測に用いられる複数種類の計測用マークのそれぞれを位置させて、照明光ILを計測マークに照射し、その計測マークの空間像を空間像計測器59を用いて計測することにより、専用の計測用原版を別に用意することなく、各種自己計測が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照明光により所定のパターンを照明し、前記パターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光装置であって、

各種自己計測に用いられる複数種類の計測マークが形成された自己計測用原版と；前記自己計測用原版が載置され、前記照明光によって照明可能な前記投影光学系の物体側焦点面位置近傍に前記自己計測用原版を移動させることが可能な自己計測用原版載置ステージと；を備える露光装置。

【請求項 2】 前記投影光学系の光軸に垂直な 2 次元面内に配置され計測用パターンが形成されたパターン形成部材と、前記計測用パターンを介した前記照明光を光電変換する光電変換素子とを有する空間像計測器と；前記照明光によって前記自己計測用原版の少なくとも一部が照明され、前記投影光学系によってその像側焦点面近傍に前記照明光で照明された前記計測用パターンの空間像が形成された際に、該空間像と前記計測用パターンとが相対走査されるように前記自己計測用原版載置ステージと前記パターン形成部材との少なくとも一方を移動させる移動制御装置と；を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】 前記自己計測用原版載置ステージは、前記所定のパターンが形成されたマスクが載置されるマスクステージであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記基板が載置されるとともに、基準マークが設けられた基板ステージと；前記マスクステージ上に存在するマークを観察する観察顕微鏡と；前記基板をロット単位で露光する際に、各ロット先頭の基板の露光時には、前記自己計測用原版、前記空間像計測器、及び前記駆動装置を用いて前記自己計測用原版上の計測マークの空間像計測を行い、その計測結果に基づいて前記投影光学系の倍率を算出するとともに、前記各ロット内の先頭以外の基板の露光時には、自己計測用原版及び前記マスクの一方のマークと、前記基板ステージ上の基準マークの投影光学系を介した像とを前記観察顕微鏡を用いて観察し、その観察結果に基づいて前記投影光学系の倍率を算出する制御装置と；を更に備えることを特徴とする請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】 前記自己計測用原版は、前記所定のパターンが形成されたマスクであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 6】 前記自己計測用原版に形成された計測マークには、前記投影光学系のディストーション計測マーク、ベストフォーカス計測用の繰り返しマーク、ベストフォーカス計測用の疑似孤立線マーク、前記基板との重ね合せ誤差計測用のアライメントマークの少なくとも 1 つが含まれることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7】 前記自己計測用原版に形成された計測マークには、孤立線マークと、所定のピッチを有するラインアンドスペースマークとが含まれることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 8】 投影光学系の光学特性を計測する光学特性計測方法であって、

前記投影光学系の有効視野内の第 1 の検出点に計測マークを位置させてその計測マークの空間像を形成し、前記投影光学系の光軸方向に関する第 1 位置で前記空間像に対して計測用パターンを相対的に走査して前記計測用パターンを介した光を光電変換して前記空間像に対応する光強度分布を計測する工程と；前記投影光学系の有効視野内の第 2 の検出点に計測マークと同一又は異なる計測マークを位置させてその計測マークの空間像を形成し、前記投影光学系の光軸方向に関する第 2 位置で前記空間像に対して前記計測用パターンを相対的に走査して前記計測用パターンを介した光を光電変換して前記空間像に対応する光強度分布を計測する工程と；前記計測用パターンが前記光軸方向の第 1 位置にあるときの前記空間像の計測結果から得られる前記空間像の前記光軸に直交する面内の第 1 の結像位置と、前記計測用パターンが前記光軸方向の第 2 位置にあるときの前記空間像の計測結果から得られる前記空間像の前記光軸に直交する面内の第 2 の結像位置との相対位置関係を求め、該相対位置関係から前記投影光学系のテレセントリシティを算出する工程と；を含む光学特性計測方法。

【請求項 9】 リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置、光学特性計測方法、及びデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程で用いられる露光装置、該露光装置を構成する投影光学系の光学特性の計測に好適な光学特性計測方法、及び前記露光装置を用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトリソグラフィ工程では、露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置、光学特性計測方法、及びデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程で用いられる露光装置、該露光装置を構成する投影光学系の光学特性の計測に好適な光学特性計測方法、及び前記露光装置を用いるデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトリソグラフィ工程では、露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【0003】ところで、半導体素子等を製造する場合には、異なる回路パターンを基板上に幾層にも積み重ねて形成する必要があるため、回路パターンが描画されたレチクルと、基板上の各ショット領域に既に形成されたパターンとを正確に重ね合わせる事が重要である。かかる重ね合わせを精度良く行うためには、投影光学系の光学特性が所望の状態に調整されることが必要不可欠である。

【0004】この投影光学系の光学特性の調整の前提として、光学特性を正確に計測する必要がある。この光学特性の計測方法として、所定の計測用パターンが形成された計測用マスクを用いて露光を行い、計測用パターンの投影像が転写形成された基板を現像して得られるレジスト像を計測した計測結果に基づいて光学特性を算出する方法（以下、「焼き付け法」と呼ぶ）が、主として用いられている。この他、実際に露光を行うことなく、計測用マスクを照明光により照明し投影光学系によって形成された計測用パターンの空間像（投影像）を計測し、この計測結果に基づいて光学特性を算出する方法（以下、「空間像計測法」と呼ぶ）も行われている。かかる空間像の計測及びこれに基づく投影光学系のディストーション等の検出については、例えば、特開平10-209031号公報等などに詳細に開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の露光装置では、例えば搭載された投影光学系の光学特性等を自らの持つ空間像計測器、その他の計測器を用いて計測する、いわゆる自己計測を行う際には、計測用のマークが形成された計測専用のレチクル（以下、「専用レチクル」と呼ぶ）が主として用いられていた。

【0006】しかしながら、専用レチクル用いて自己計測を行う場合には、計測の度にその専用レチクルを装置に装着しなければならず、特に最近の露光装置では各種の自己計測を行う必要があるため、例えば各種自己計測を連続的に行うような場合には、異なる専用レチクルに計測の度に交換しなければならない。このため、その作業自身及び専用レチクルの管理が煩雑であった。

【0007】また、専用レチクルを装置に装着する度にその専用レチクルの姿勢が変化し、計測誤差を生じることがあった。また、専用レチクルを用いる場合、通常の使用時、例えば連続運転中などには、専用レチクルとデバイス製造用のレチクルとの交換時間が露光装置のスループット低下の要因となるため、それほど頻繁に計測を行うことが困難であった。

【0008】また、空間像計測により、投影光学系の光学特性を計測する場合、その光軸に直交する面内の空間像の位置を計測し、その計測結果に基づいて投影光学系の光学特性を算出することがあるが、そのような場合に計測中に空間像計測器の位置を計測するレーザ干渉計のドリフト等に起因する計測誤差が発生することがあ

た。

【0009】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、専用の計測用原版を用いることなく、各種自己計測を行うことが可能な露光装置を提供することにある。

【0010】本発明の第2の目的は、投影光学系のテレセントリシティを精度良く計測することができる光学特性計測方法を提供することにある。

【0011】本発明の第3の目的は、デバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の露光装置は、照明光により所定のパターンを照明し、前記パターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光装置であって、各種自己計測に用いられる複数種類の計測マークが形成された自己計測用原版と；前記自己計測用原版が載置され、前記照明光によって照明可能な前記投影光学系の物体側焦点面位置近傍に前記自己計測用原版を移動させることが可能な自己計測用原版載置ステージと；を備える。

【0013】これによれば、自己計測用原版載置ステージによって、照明光によって照明可能な投影光学系の物体側焦点面位置近傍に自己計測用原版に形成された各種自己計測に用いられる複数種類の計測マークのいずれをも位置させることができる。このため、照明光を計測マークに照射し、その計測マークの像を投影光学系の像側焦点面位置近傍に結像させ、その像を検出することにより、専用の計測用原版を別に用意することなく、各種自己計測が可能となる。

【0014】この場合において、請求項2に記載の露光装置の如く、前記投影光学系の光軸に垂直な2次元面内に配置され計測用パターンが形成されたパターン形成部材と、前記計測用パターンを介した前記照明光を光電変換する光電変換素子とを有する空間像計測器と；前記照明光によって前記自己計測用原版の少なくとも一部が照明され、前記投影光学系によってその像側焦点面近傍に前記照明光で照明された前記計測用パターンの空間像が形成された際に、該空間像と前記計測用パターンとが相対走査されるように前記自己計測用原版載置ステージと前記パターン形成部材との少なくとも一方を移動させる移動制御装置と；を更に備えることとすることができる。

【0015】上記請求項1及び2に記載の各露光装置において、前記自己計測用原版載置ステージは、請求項3に記載の露光装置の如く、前記自己計測用原版載置ステージは、前記所定のパターンが形成されたマスクが載置されるマスクステージであることとすることができる。

【0016】この場合において、請求項4に記載の露光装置の如く、前記基板が載置されるとともに、基準マー

クが設けられた基板ステージと；前記マスクステージ上に存在するマークを観察する観察顕微鏡と；前記基板をロット単位で露光する際に、各ロット先頭の基板の露光時には、前記自己計測用原版、前記空間像計測器、及び前記駆動装置を用いて前記自己計測用原版上の計測マークの空間像計測を行い、その計測結果に基づいて前記投影光学系の倍率を算出するとともに、前記各ロット内の先頭以外の基板の露光時には、自己計測用原版及び前記マスクの一方のマークと、前記基板ステージ上の基準マークの投影光学系を介した像とを前記観察顕微鏡を用いて観察し、その観察結果に基づいて前記投影光学系の倍率を算出する制御装置と；を更に備えることとすることができる。

【0017】上記請求項1及び2に記載の各露光装置において、請求項5に記載の発明の如く、前記自己計測用原版は、前記所定のパターンが形成されたマスクであることとすることができる。

【0018】上記請求項1～5に記載の各露光装置において、請求項6に記載の露光装置の如く、前記自己計測用原版に形成された計測マークには、前記投影光学系のディストーション計測マーク、ベストフォーカス計測用の繰り返しマーク、ベストフォーカス計測用の疑似孤立線マーク、前記基板との重ね合せ誤差計測用のアライメントマークの少なくとも1つが含まれることとすることができる。

【0019】上記請求項1～5に記載の各露光装置において、請求項7に記載の露光装置の如く、前記自己計測用原版に形成された計測マークには、孤立線マークと、所定のピッチを有するラインアンドスペースマークとが含まれることとすることができる。

【0020】請求項8に記載の光学特性計測方法は、投影光学系の光学特性を計測する光学特性計測方法であって、前記投影光学系の有効視野内の第1の検出点に計測マークを位置させてその計測マークの空間像を形成し、前記投影光学系の光軸方向に関する第1位置で前記空間像に対して計測用パターンを相対的に走査して前記計測用パターンを介した光を光電変換して前記空間像に対応する光強度分布を計測する工程と；前記投影光学系の有効視野内の第2の検出点に計測マークと同一又は異なる計測マークを位置させてその計測マークの空間像を形成し、前記投影光学系の光軸方向に関する第2位置で前記空間像に対して前記計測用パターンを相対的に走査して前記計測用パターンを介した光を光電変換して前記空間像に対応する光強度分布を計測する工程と；前記計測用パターンが前記光軸方向の第1位置にあるときの前記空間像の計測結果から得られる前記空間像の前記光軸に直交する面内の結像位置と、前記計測用パターンが前記光軸方向の第2位置にあるときの前記空間像の計測結果から得られる前記空間像の前記光軸に直交する面内の結像位置との相対位置関係を求め、該相対位置関係から前記

投影光学系のテレセントリシティを算出する工程と；を含む。

【0021】これによれば、投影光学系の有効視野内の第1の検出点に位置させた計測マークの空間像を光軸方向の第1位置に対応する面内で計測した計測結果から得られる空間像の光軸に直交する面内の結像位置（以下、「第1の結像位置」と呼ぶ）と、投影光学系の有効視野内の第2の検出点に位置させた計測マークの空間像を光軸方向の第2位置に対応する面内で計測した計測結果から得られる空間像の光軸に直交する面内の結像位置（以下、「第2の結像位置」と呼ぶ）との相対位置関係、すなわち光軸直交面内の第1の結像位置と第2の結像位置との相対距離、及び光軸方向の第1位置と第2位置との距離に基づいて、投影光学系のテレセントリシティを算出するので、例えば第1の結像位置、第2の結像位置の計測に際し、レーザ干渉計等の計測値を用いていた場合に、レーザ干渉計にドリフト等が生じていても第1の結像位置、第2の結像位置の計測結果には同等の誤差が含まれる結果、干渉計ドリフトなどに起因する計測誤差の影響の殆どないテレセントリシティの高精度な計測が可能となる。

【0022】請求項9に記載のデバイス製造方法は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程では、請求項1～7のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1～図16に基づいて説明する。図1には、一実施形態に係る露光装置100の概略的な構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパである。

【0024】この露光装置100は、光源及び照明光学系を含む照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWを保持してXY平面内を自在に移動可能な基板ステージとしてのウエハステージWST、及びこれらを制御する制御系等を備えている。

【0025】前記照明系10は、光源、照度均一化光学系（コリメータレンズ、フライアイレンズ等から成る）、照明系開口絞り板（通常照明用の円形の開口絞り、小 σ 照明用の小 σ 絞り、輪帯照明用の輪帯絞り、変形照明用の四重極絞り等がほぼ等角度間隔で形成されている）、リレーレンズ系、照明視野絞りとしてのレチクルブラインド及びコンデンサレンズ系等（いずれも図1では図示省略）を含んで構成されている。

【0026】前記光源としては、ここでは、一例として、KrFエキシマレーザ光（波長248nm）又はArFエキシマレーザ光（波長193nm）を出力するエキシマレーザ光源が用いられるものとする。

【0027】前記レチクルブラインドは、開口形状が固定の不図示の固定レチクルブラインドと開口形状が可変の可動レチクルブラインド12（図1では図示省略、図2参照）とから構成されている。固定レチクルブラインドは、レチクルRのパターン面の近傍又はその共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクルR上の長方形スリット状の照明領域（図1における紙面直交方向であるX軸方向に細長く伸び図1における紙面内左右方向であるY軸方向の幅が所定幅の長方形スリット状の照明領域）IARを規定する長方形開口が形成されている。また、可動レチクルブラインド12は、レチクルRのパターン面に対する共役面に配置され、走査露光時の走査方向（ここでは、Y軸方向とする）及び非走査方向（X軸方向とする）にそれぞれ対応する方向の位置及び幅が可変の開口部を有する。但し、図2及び図3では説明を簡単にするために、可動レチクルブラインド12がレチクルRに対して照明系側近傍に配置されているように示されている。

【0028】照明系10によると、光源で発生した露光光としての照明光（以下、「照明光IL」と呼ぶ）は不図示のシャッタを通過した後、照度均一化光学系により照度分布がほぼ均一な光束に変換される。照度均一化光学系から射出された照明光ILは、照明系開口絞り板上のいずれか開口絞り、リレーレンズ系を介して前記レチクルブラインドに達する。このレチクルブラインドを通過した光束は、リレーレンズ系、コンデンサレンズ系を通過して回路パターン等が描かれたレチクルRの照明領域IARを均一な照度で照明する。

【0029】なお、可動レチクルブラインド12は、走査露光の開始時及び終了時に主制御装置20によって制御され、照明領域IARを更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるようになっている。また、本実施形態では、可動レチクルブラインド12が、後述する空間像計測器による空間像の計測の際の照明領域の設定にも用いられる。

【0030】前記レチクルステージRST上には、レチクルRが、例えば真空吸着（又は静電吸着）により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、リニアモータ等を含む不図示のレチクルステージ駆動系により、後述する投影光学系PLの光軸AXに垂直なXY平面内で2次元的に（X軸方向、Y軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向（ θ_z 方向）に）微少駆動可能であるとともに、レチクルベース26上をY軸方向に指定された走査速度で移動可能となっている。このレチクルステージRSTは、レチクルRの全面が少なくとも投影光学系PLの光軸AXを横切ることができるだけのY軸方向の移動ストロークを有している。

【0031】レチクルステージRSTの-Y側端部近傍には、自己計測用原版としてのレチクルフィデュシャルマーク板（以下、「レチクルマーク板」と略述する）

RFMがX軸方向に沿ってかつレチクルRと並んで配置されている。このレチクルマーク板RFMは、レチクルRと同材質のガラス素材、例えば合成石英やホタル石、フッ化リチウムその他のフッ化物結晶などから成り、レチクルステージRSTに固定されている。なお、このレチクルマーク板RFMの具体的構成等については後述する。レチクルステージRSTは、レチクルRの全面とレチクルマーク板RFMの全面とが少なくとも投影光学系PLの光軸AXを横切ることができる程度のY軸方向の移動ストロークを有している。

【0032】また、レチクルステージRSTには、レチクルR及びレチクルマーク板RFMの下方に、照明光ILの通路となる開口がそれぞれ形成されている。また、レチクルベース26の投影光学系PLのほぼ真上の部分には、照明光ILの通路となる、照明領域IARより大きな長方形の開口が形成されている。

【0033】レチクルステージRST上には、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）13からのレーザビームを反射する移動鏡15が固定されており、レチクルステージRSTのXY面内の位置（Z軸回りの回転方向である θ_z 方向の回転を含む）はレチクル干渉計13によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。ここで、実際には、レチクルステージRST上には走査露光時の走査方向（Y軸方向）に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向（X軸方向）に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、レチクル干渉計13はY軸方向に少なくとも2軸、X軸方向に少なくとも1軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡15、レチクル干渉計13として示されている。

【0034】レチクル干渉計13からのレチクルステージRSTの位置情報は、ワークステーション（又はマイクロコンピュータ）から成る主制御装置20に送られ、主制御装置20ではレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動系を介してレチクルステージRSTを駆動制御する。

【0035】また、レチクルRの上方には、投影光学系PLを介してレチクルR上又はレチクルマーク板RFM上のマークとウエハステージWST上の後述する基準マーク板FM上の基準マークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR（Through The Reticle）アライメント系から成る観察顕微鏡としての一对のレチクルアライメント顕微鏡（以下、便宜上「RA顕微鏡」と呼ぶ）28が（但し、図1においては紙面奥側のRA顕微鏡は不図示）が設けられている。これらのRA顕微鏡28の検出信号は、不図示のアライメント制御装置を介して、主制御装置20に供給されるようになっている。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれのRA顕微鏡28に導くための不図示の偏向ミラーが移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置2

0からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置により偏向ミラーが待避される。なお、RA顕微鏡28と同等の構成は、例えば特開平7-176468号公報等に開示されており、公知であるからここでは詳細な説明は省略する。

【0036】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな縮小系であり、光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系PLの投影倍率は、例えば1/4倍（又は1/5倍）等となっている。このため、照明系10からの照明光ILによってレチクルR上のスリット状照明領域IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してそのスリット状照明領域IAR内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にフォトレジストが塗布されたウエハW上の前記照明領域IARに共役な露光領域IAに形成される。

【0037】前記ウエハステージWSTは、ステージベース16上面に沿って例えば磁気浮上型2次元リニアアクチュエータから成る不図示のウエハステージ駆動系により、XY2次元面内（ θ_z 回転を含む）で自在に駆動されるようになっている。ここで、2次元リニアアクチュエータは、X駆動コイル、Y駆動コイルの他、Z駆動コイルをも有しているため、ウエハステージWSTは、Z、 θ_x （X軸回りの回転方向）、 θ_y （Y軸回りの回転方向）の3自由度方向にも微少駆動が可能な構成となっている。

【0038】ウエハステージWST上には、ウエハホルダ25が載置され、このウエハホルダ25によってウエハWが真空吸着（又は静電吸着）によって保持されている。また、ウエハステージWST上には、ベースライン計測用基準マーク、レチクルアライメント用の基準マーク（この基準マークは後述する倍率測定の際にも用いられる）、その他の基準マークが形成された基準マーク板FMが固定されている。この基準マーク板FMの表面はウエハWとほぼ同一高さとしてされている。

【0039】なお、ウエハステージWSTに代えて、リニアモータあるいは平面モータ等の駆動系によってXY2次元面内でのみ駆動される2次元移動ステージを用いる場合には、ウエハホルダ25を、Z、 θ_x 、 θ_y の3自由度方向に例えばボイスコイルモータ等によって微少駆動されるZ・レベリングテーブルを介してその2次元移動ステージ上に搭載すれば良い。

【0040】前記ウエハステージWST上には、ウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）31からのレーザビームを反射する移動鏡27が固定され、外部に配置されたウエハ干渉計31により、ウエハステージWSTのZ方向を除く5自由度方向（X、Y、 θ_z 、

θ_x 、及び θ_z 方向）の位置が例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出されている。

【0041】ここで、実際には、ウエハステージWST上には、走査露光時の走査方向であるY軸方向に直交する反射面を有する移動鏡と非走査方向であるX軸方向に直交する反射面を有する移動鏡とが設けられ、ウエハ干渉計31はY軸方向及びX軸方向にそれぞれ複数軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡27、ウエハ干渉計31として示されている。ウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）は主制御装置20に送られ、主制御装置20では前記位置情報（又は速度情報）に基づいて不図示のウエハステージ駆動系を介してウエハステージWSTのXY面内の位置を制御する。

【0042】また、ウエハステージWSTの内部には、投影光学系PLの光学特性の計測に用いられる空間像計測器59を構成する光学系の一部が配置されている。ここで、空間像計測器59の構成について詳述する。この空間像計測器59は、図2に示されるように、ウエハステージWSTに設けられたステージ側構成部分、すなわちパターン形成部材としてのスリット板90、レンズ84、86から成るリレー光学系、光路折り曲げ用のミラー88、送光レンズ87と、ウエハステージWST外部に設けられたステージ外構成部分、すなわちミラーM、受光レンズ89、光電変換素子としての光センサ24、及び該光センサ24からの光電変換信号の信号処理回路42等とを備えている。

【0043】これを更に詳述すると、スリット板90は、図2に示されるように、ウエハステージWSTの一端部上面に設けられた上部が開いた突設部58aに対し、その開口を塞ぐ状態で上方から嵌め込まれている。このスリット板90は、平面視長方形の受光ガラス82の上面に遮光膜を兼ねる反射膜83が形成され、その反射膜83の一部に計測用パターンとしての所定幅（2D）のスリット状の開口パターン（以下、「スリット」と呼ぶ）22がパターンニングされて形成されている。

【0044】前記受光ガラス82の素材としては、ここでは、KrFエキシマレーザ光、あるいはArFエキシマレーザ光の透過性の良い、合成石英、あるいはホタル石などが用いられる。

【0045】スリット22下方のウエハステージWST内部には、スリット22を介して鉛直下向きに入射した照明光束（像光束）の光路を水平に折り曲げるミラー88を介在させてレンズ84、86から成るリレー光学系（84、86）が配置され、このリレー光学系（84、86）の光路後方のウエハステージWSTの+Y側の側壁に、リレー光学系（84、86）によって所定光路長分だけリレーされた照明光束をウエハステージWSTの外部に送光する送光レンズ87が固定されている。

【0046】送光レンズ87によってウエハステージWSTの外部に送り出される照明光束の光路上には、X軸

方向に所定長さを有するミラーMが傾斜角 45° で斜設されている。このミラーMによって、ウエハステージWSTの外部に送り出された照明光束の光路が鉛直上方に向けて 90° 折り曲げられるようになっている。この折り曲げられた光路上に送光レンズ87に比べて大径の受光レンズ89が配置されている。この受光レンズ89の上方には、光センサ24が配置されている。これら受光レンズ89及び光センサ24は、所定の位置関係を保ってケース92内に収納され、該ケース92は取付け部材93を介してベース16の上面に植設された支柱94の上端部近傍に固定されている。

【0047】前記光センサ24としては、微弱な光を精度良く検出することが可能な光電変換素子（受光素子）、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ（PMT、光電子増倍管）などが用いられる。光センサ24の出力信号を処理する信号処理回路42は、増幅器、サンプルホルダ、A/Dコンバータ（通常16ビットの分解能のものが用いられる）などを含んで構成される。

【0048】なお、前述の如く、スリット22は反射膜83に形成されているが、以下においては、便宜上スリット板90にスリット22が形成されているものとして説明を行う。なお、スリット22の配置、及び寸法については、後述する。

【0049】上述のようにして構成された空間像計測器59によると、レチクルR又はレチクルマーク板RFMに形成された計測マークの投影光学系PLを介しての投影像（空間像）の計測（これについては後述する）の際に、投影光学系PLを透過してきた照明光ILによってスリット板90が照明されると、そのスリット板90上のスリット22を透過した照明光ILがレンズ84、ミラー88及びレンズ86、送光レンズ87を介してウエハステージWSTの外部に導き出される。そして、そのウエハステージWSTの外部に導き出された光は、ミラーMによって光路が鉛直上方に折り曲げられ、受光レンズ89を介して光センサ24によって受光され、該光センサ24からその受光量に応じた光電変換信号（光量信号）が信号処理回路42を介して主制御装置20に出力される。

【0050】本実施形態の場合、計測マークの投影像（空間像）の計測はスリットスキャン方式により行われるので、その際には、送光レンズ87が、受光レンズ89及び光センサ24に対して移動することになる。そこで、空間像計測器59では、所定の範囲内で移動する送光レンズ87を介した光がすべて受光レンズ89に入射するように、各レンズ、及びミラーMの大きさが設定されている。

【0051】このように、空間像計測器59では、スリット板90、レンズ84、86、ミラー88、及び送光レンズ87により、スリット22を介した光をウエハステージWST外に導出する光導出部が構成され、受光レ

ンズ89及び光センサ24によって、ウエハステージWST外へ導出された光を受光する受光部が構成されている。この場合、これら光導出部と受光部とは、機械的に分離されている。そして、空間像計測に際してのみ、光導出部と受光部とは、ミラーMを介して光学的に接続される。

【0052】すなわち、空間像計測器59では、光センサ24がウエハステージWSTの外部の所定位置に設けられているため、光センサ24の発熱に起因してレーザ干渉計31の計測精度等に悪影響を与えたりすることがない。また、ウエハステージWSTの外部と内部とをライトガイド等により接続していないので、ウエハステージWSTの外部と内部とがライトガイドにより接続された場合のようにウエハステージWSTの駆動精度が悪影響を受けることもない。

【0053】勿論、熱の影響を排除できるような場合には、光センサ24をウエハステージWSTの内部に設けても良い。なお、空間像計測器59を用いて行われる空間像計測方法、光学特性計測方法などについては、後に詳述する。

【0054】図1に戻り、投影光学系PLの側面には、ウエハW上のアライメントマーク（位置合わせマーク）を検出するマーク検出系としてのオフアクシス・アライメント系ALGが設けられている。本実施形態では、このアライメント系ALGとして、画像処理方式のアライメントセンサ、いわゆるFIA（Field Image Alignment）系が用いられている。このアライメント系ALGは、図2に示されるように、アライメント用光源32、ハーフミラー34、第1対物レンズ36、第2対物レンズ38、撮像素子（CCD）40等を含んで構成されている。ここで、光源32としては、ブロードバンドの照明光を出射するハロゲンランプ等が用いられる。このアライメント系ALGでは、図3に示されるように、光源32からの照明光により、ハーフミラー34、第1対物レンズ36を介してウエハW上のアライメントマークMwを照明し、そのアライメントマーク部分からの反射光を第1対物レンズ36、ハーフミラー34、第2対物レンズ38を介して撮像素子40で受光する。これにより、撮像素子の受光面にアライメントマークMwの明視野像が結像される。そして、この明視野像に対応する光電変換信号、すなわちアライメントマークMwの反射像に対応する光強度信号が撮像素子40から不図示のアライメント制御装置を介して主制御装置20に供給される。主制御装置20では、この光強度信号に基づき、アライメント系ALGの検出中心を基準とするアライメントマークMwの位置を算出するとともに、その算出結果とそのときのウエハ干渉計31の出力であるウエハステージWSTの位置情報とに基づいて、ウエハ干渉計31の光軸で規定されるステージ座標系におけるアライメントマークMwの座標位置を算出するようになっている。

【0055】更に、本実施形態の露光装置100では、図1に示されるように、主制御装置20によってオンオフが制御される光源を有し、投影光学系PLの結像面に向けて多数のピンホール又はスリットの像を形成するための結像光束を、光軸AXに対して斜め方向より照射する照射系60aと、それらの結像光束のウエハW表面での反射光束を受光する受光系60bとから成る斜入射光式の多点焦点位置検出系が設けられている。主制御装置20では、投影光学系PLにフォーカス変動が生じた場合には、受光系60b内の図示しない平行平板の反射光束の光軸に対する傾きを制御することにより、投影光学系PLのフォーカス変動に応じて多点焦点位置検出系(60a、60b)にオフセットを与えてそのキャリブレーションを行うようになっている。なお、本実施形態の焦点位置検出系(60a、60b)と同様の多点焦点位置検出系の詳細な構成は、例えば特開平6-283403号公報等に開示されている。

【0056】主制御装置20では、後述する走査露光時等に、受光系60bからの焦点ずれ信号(デフォーカス信号)、例えばSカーブ信号に基づいて焦点ずれが零となるように、不図示のウエハステージ駆動系を介してウエハステージWSTのZ軸方向への移動、及び2次元点に傾斜(すなわち、 θ_x 、 θ_y 方向の回転)を制御する、すなわち多点焦点位置検出系(60a、60b)を用いてウエハステージWSTの移動を制御することにより、照明光ILの照射領域(照明領域IARと結像関係)内で投影光学系PLの結像面とウエハWの表面とを実質的に合致させるオートフォーカス(自動焦点合わせ)及びオートレベリングを実行する。

【0057】次に、本実施形態の露光装置100における露光工程の動作について簡単に説明する。

【0058】まず、不図示のレチクル搬送系によりレチクルRが搬送され、ローディングポジションにあるレチクルステージRSTに吸着保持される。次いで、主制御装置20により、ウエハステージWST及びレチクルステージRSTの位置が制御され、レチクルR上に形成された不図示のレチクルアライメントマークの投影像(空間像)が空間像計測器59を用いて後述するようにして計測され、レチクルパターン像の投影位置が求められる。すなわち、レチクルアライメントが行われる。なお、レチクルアライメントは、前述した一対のRA顕微鏡28により、レチクルR上の一対のレチクルアライメントマーク(不図示)の像とウエハステージWST上の基準マーク板FMに形成されたレチクルアライメント用基準マークの投影光学系PLを介した像とを同時に観察し、両マーク像の相対位置関係と、そのときのレチクル干渉計13及びウエハ干渉計31の計測値とに基づいてレチクルパターン像の投影位置を求めることにより行っても良い。

【0059】次に、主制御装置20により、スリット板

90がアライメント系ALGの直下へ位置するように、ウエハステージWSTが移動され、アライメント系ALGによって空間像計測器59の位置基準となるスリット22が検出される。主制御装置20では、このアライメント系ALGの検出信号及びそのときのウエハ干渉計31の計測値、並びに先に求めたレチクルパターン像の投影位置に基づいて、レチクルRのパターン像の投影位置とアライメント系ALGとの相対位置、すなわちアライメント系ALGのベースライン量を求める。

【0060】かかるベースライン計測が終了すると、主制御装置20により、例えば特開昭61-44429号公報などに詳細に開示されるEGA(エンハンスド・グローバル・アライメント)等のウエハアライメントが行われ、ウエハW上の全てのショット領域の位置が求められる。なお、このウエハアライメントに際して、ウエハW上の複数のショット領域のうちの予め定められた所定のサンプルショットのウエハアライメントマークMwがアライメント系ALGを用いて、前述した如くして計測される(図3参照)。

【0061】次いで、主制御装置20では、上で求めたウエハW上の各ショット領域の位置情報及びベースライン量に基づいて、干渉計31、13からの位置情報をモニタしつつ、ウエハステージWSTを第1ショット領域の走査開始位置に位置決めするとともに、レチクルステージRSTを走査開始位置に位置決めして、その第1ショット領域の走査露光を行う。

【0062】すなわち、主制御装置20では、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとのY軸方向逆向きの相対走査を開始し、両ステージRST、WSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、照明光ILによってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。この走査露光の開始に先立って、光源の発光は開始されているが、主制御装置20によって可動レチクルブラインド12の各ブレードの移動がレチクルステージRSTの移動と同期制御されているため、レチクルR上のパターン領域外への露光光ELの照射が遮光されることは、通常のスキニング・ステップと同様である。

【0063】主制御装置20では、特に上記の走査露光時にレチクルステージRSTのY軸方向の移動速度VrとウエハステージWSTのX軸方向の移動速度Vwとが投影光学系PLの投影倍率に応じた速度比に維持されるようにレチクルステージRST及びウエハステージWSTを同期制御する。

【0064】そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が照明光ILで逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上の第1ショット領域の走査露光が終了する。これにより、レチクルRの回路パターンが投影光学系PLを介して第1ショット領域に縮小転写される。

【0065】こうして第1ショット領域の走査露光が終了すると、ウエハステージWSTを第2ショット領域の走査開始位置へ移動させるショット間のステッピング動作を行う。そして、その第2ショット領域の走査露光を上述と同様にして行う。以後、第3ショット領域以降も同様の動作を行う。

【0066】このようにして、ショット間のステッピング動作とショットの走査露光動作とが繰り返され、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハW上の全てのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。

【0067】ここで、上記の走査露光中には、投影光学系PLに一体的に取付けられたフォーカスセンサ(60a、60b)を用いて、前述したオートフォーカス、オートレベリングが行われる。

【0068】ところで、上記の走査露光中に、レチクルRのパターンとウエハW上のショット領域に既に形成されたパターンとが正確に重ね合わせられるためには、投影光学系PLの結像特性やベースライン量が正確に計測されていること、及び投影光学系PLの結像特性が所望の状態に調整されていることなどが重要である。

【0069】本実施形態では、上記の結像特性の計測に、前述した空間像計測器59が用いられる。以下、この空間像計測器59による空間像計測、及び投影光学系PLの結像特性の計測等について詳述する。

【0070】図2には、空間像計測器59を用いて、レチクルマーク板RFMに形成された計測マークPMの空間像が計測されている最中の状態が示されている。なお、レチクルマーク板RFMに代えて、空間像計測専用のレチクル、あるいはデバイスの製造に用いられるレチクルRに専用の計測マークを形成したものなどを用いることも可能である。

【0071】ここで、空間像計測の説明に先立って、レチクルマーク板RFMについて、図4及び図5に基づいて説明する。

【0072】次に、レチクルマーク板RFMについて説明する。図4には、レチクルステージRST上に固定されたレチクルマーク板RFMが取り出して示されている。この図4は、図1における底面図に相当する。

【0073】このレチクルマーク板RFMは、Y軸方向(走査方向)の長さが例えば約16mm(投影倍率が1/4倍としてウエハ上で4mm)、X軸方向(非走査方向)の長さが例えば約150mmである。このレチクルマーク板RFMの非スキャン方向(X軸方向)の両端部を除く中央部約100mm(投影倍率が1/4倍としてウエハ上で25mm)の領域が照明光ILが照射可能な有効照射領域IAFとなっている。この有効照射領域IAFのX軸方向の両端部(斜線部の領域)に前述した一対のRA顕微鏡28により、観察可能なレチクルアライメントマーク(不図示)が形成されている。

【0074】また、有効照射領域IAFのX軸方向中心

のY軸方向両端部には、約1mm角の他マーク禁止領域のガラス部分(抜き領域)を設け、該抜き領域の内部にクロム等により回転調整マーク $PM\theta_1$ 、 $PM\theta_2$ が形成されている。また、有効照射領域IAFのY軸方向のほぼ中央部には、X軸方向に沿って所定間隔、例えば4mm間隔(投影倍率が1/4倍としてウエハ上で1mm間隔)で複数のAISマークブロック62₁が配置されている。また、これらの4mm間隔で配置されたAISマークブロック62₁の他、多点焦点位置検出系(60a、60b)の結像光束の照射点に対応する投影光学系PLの有効視野内の検出点に位置決め可能な位置にも、AISマークブロック62₂が配置されている。このため、本実施形態では、例えば投影光学系PLの像面形状の計測や、多点焦点位置検出系(60a、60b)の各センサの出力に対するオフセット設定や原点位置(検出基準位置)の再設定等のキャリブレーションのための計測を、空間像計測により行う際に、スリット板90のスリット22中心で投影光学系PLの光軸方向位置(Z位置)を計測することが可能となる。従って、スリット板90の面精度の設定を緩やかにすることができる。なお、以下においては、特に必要な場合を除き、AISマークブロック62₁、AISマークブロック62₂を、特に区別することなく、AISマークブロック62と表示する。

【0075】レチクルマーク板RFMでは、AISマークブロック62は、走査方向(Y軸方向)には、1行しか設けられていないが、投影光学系PLのスキャン方向の各点を検出点として空間像計測を行う場合には、レチクルステージRSTを移動して行えば良い。

【0076】次に、各AISマークブロック62内のマーク配置の一例について図5に基づいて説明する。図5には、AISマークブロック62が拡大して示されている。この図5に示されるように、AISマークブロック62内には、ネガ型アライメントマーク・サブブロック63a₁、63a₂、ポジ型アライメントマーク・サブブロック63b₁、63b₂、ネガ型ラインアンドスペースマーク・サブブロック64a、ポジ型ラインアンドスペースマーク・サブブロック64b、ネガ型シークンシャルコママーク・サブブロック65a₁、65a₂、ポジ型シークンシャルコママーク・サブブロック65b₁、65b₂、ネガ型1次元ボックスマーク・サブブロック66a₁、66a₂、ポジ型1次元ボックスマーク・サブブロック66b₁、66b₂、ネガ型追加マーク・サブブロック67a、ポジ型追加マーク・サブブロック67b等が設けられている。なお、以下においては、ラインアンドスペースは、L/Sと略述する。

【0077】前記ネガ型L/Sマーク・サブブロック64a内には、例えば線幅0.4μm~4.0μmまでのデューティ比1:1のL/Sマークから成るネガマークPM₁が配置されている。ここで、ネガマークとは、ク

ロム層に形成された開口パターンから成るマークを意味する。この他、このネガ型L/Sマーク・サブブロック64a内には、応用計測マークとして線幅異常測定用のネガマークPM₂も配置されている。この線幅異常測定用のネガマークPM₂は、例えば線幅0.4μm~0.8μmのデューティ比1:1のL/Sマークが80μmピッチで並んでいるネガマークである。各L/Sマークとしては、周期方向がX軸方向のものとY軸方向のものとが設けられている。

【0078】前記ネガ型シーケンシャルコママーク・サブブロック65a₁内には、周期方向をX軸方向とする異なる線幅のデューティ比1:1のL/Sマークから成るネガマークPM₃が一定間隔で配置されている。ネガ型シーケンシャルコママーク・サブブロック65a₂内には、周期方向をY軸方向とする異なる線幅のデューティ比1:1のL/Sマークから成るネガマークPM₄が一定間隔で配置されている。

【0079】前記ネガ型1次元ボックスマーク・サブブロック66a₁内には、例えば線幅40μm程度の太いラインパターンと、例えば線幅0.4~0.56μm程

度の細いラインパターンがX軸方向に所定間隔（例えば、40μm程度）で並んだ1次元マークから成るネガマークPM₅が配置されている。また、前記ネガ型1次元ボックスマーク・サブブロック66a₂内には、マークPM₅と同様に構成され配列方向をY軸方向とするネガマークPM₆が配置されている。

【0080】前記ネガ追加マーク・サブブロック67a内には、いろいろな線幅のデューティ比が1:1以外のL/Sマーク、例えばデューティ比1:9以上の擬似凝立線マークPM₇や、楔型マーク（SMPマーク）PM₈、その他孤立線等のネガマークが配置されている。これらのマークPM₇、PM₈も配列方向がX軸方向のものとY軸方向のものとが設けられている。

【0081】前記ネガ型アライメントマーク・サブブロック63a₁内には、例えば配列方向がX軸方向の線幅24μmのデューティ比1:1のL/Sマークから成るネガマーク（FIAマーク）PM₉が配置されている。また、ネガ型アライメントマーク・サブブロック63a₂内には、例えば配列方向がY軸方向の線幅24μmのデューティ比1:1のL/Sマークから成るネガマーク（FIAマーク）PM₁₀が配置されている。

【0082】前記ポジ型L/Sマーク・サブブロック64b内には、例えば線幅0.4μm~4.0μmまでのデューティ比1:1のL/Sマークから成るポジマークPM₁₁が配置されている。ここで、ポジマークとは、所定面積の他マーク禁止領域のガラス部分（抜き領域）内にクロム等のパターンで形成されたマークを意味する。この他、このポジ型L/Sマーク・サブブロック64b内には、応用計測マークとして線幅異常測定用のポジマークPM₁₂も配置されている。各L/Sマークとして

は、周期方向がX軸方向のものとY軸方向のものとが設けられている。

【0083】前記ポジ型シーケンシャルコママーク・サブブロック65b₁内には、周期方向をX軸方向とする異なる線幅のデューティ比1:1のL/Sマークから成るポジマークPM₁₃が一定間隔で配置されている。ポジ型シーケンシャルコママーク・サブブロック65b₂内には、周期方向をY軸方向とする異なる線幅のデューティ比1:1のL/Sマークから成るポジマークPM₁₄が一定間隔で配置されている。

【0084】前記ポジ型1次元ボックスマーク・サブブロック66b₁内には、例えば線幅40μm程度の太いラインパターンと、例えば線幅0.4~0.56μm程度の細いラインパターンがX軸方向に所定間隔（例えば、40μm程度）で並んだ1次元マークから成るポジマークPM₁₅が配置されている。また、前記ポジ型1次元ボックスマーク・サブブロック66b₂内には、マークPM₁₅と同様に構成され配列方向をY軸方向とするポジマークPM₁₆が配置されている。

【0085】前記ポジ型追加マーク・サブブロック67b内には、いろいろな線幅のデューティ比が1:1以外のL/Sマーク、例えばデューティ比1:9以上の擬似凝立線マークPM₁₇や、楔型マーク（SMPマーク）PM₁₈、その他孤立線等のポジマークが配置されている。これらのマークPM₁₇、PM₁₈等も配列方向がX軸方向のものとY軸方向のものとが設けられている。

【0086】前記ポジ型アライメントマーク・サブブロック63b₁内には、例えば配列方向がX軸方向の線幅24μmのデューティ比1:1のL/Sマークから成るポジマーク（FIAマーク）PM₁₉が配置されている。また、ポジ型アライメントマーク・サブブロック63b₂内には、例えば配列方向がY軸方向の線幅24μmのデューティ比1:1のL/Sマークから成るポジマーク（FIAマーク）PM₂₀が配置されている。

【0087】この他、AISマークブロック62内には、120μm角（投影倍率1/4でウエハ面上では30μm角）の正方形マークから成るネガマーク（BOXマーク）PM₂₁、Line in BoxマークPM₂₂（これについては更に後述する）なども配置されている。

【0088】ここで、空間像計測器59を用いた空間像計測の方法について簡単に説明する。前提としてスリット板90には、例えば図6（A）に示されるように、X軸方向に伸びる所定幅2Dのスリット22が形成されているものとする。

【0089】空間像の計測に当たり、主制御装置20により、可動レチクルブラインド12が不図示のブラインド駆動装置を介して駆動され、図2に示されるように、レチクルRの照明光ILの照明領域が計測マークPMを含む所定領域のみに制限される。ここで、計測マークPMとしては、Y軸方向に周期性を有するデューティ比

1:1のL/Sマーク、例えば前述したマークPM_iなどが用いられるものとする。

【0090】この状態で、照明光ILがレチクルマーク板RFMに照射されると、図2に示されるように、計測マークPMによって回折、散乱した光(照明光IL)は投影光学系PLにより屈折され、該投影光学系PLの像面に計測マークPMの空間像(投影像)PM'が形成される。このとき、ウエハステージWSTは、空間像計測器59のスリット板90上のスリット22の+Y側(又は-Y側)に前記空間像PM'が形成される位置に設定されているものとする。このときの空間像計測器59の平面図が図6(A)に示されている。

【0091】そして、主制御装置20により、ウエハステージ駆動系を介してウエハステージWSTが図6

(A)中に矢印Fで示されるように+Y方向に駆動されると、スリット22が空間像PM'に対してY軸方向に走査される。この走査中に、スリット22を通過する光(照明光IL)がウエハステージWST内の光導出部、ミラーM、受光レンズ89を介して光センサ24で受光され、その光電変換信号が信号処理回路42を介して主制御装置20に供給される。主制御装置20では、その光電変換信号に基づいて空間像PM'に対応する光強度分布を計測する。

【0092】図6(B)には、上記の空間像計測の際に得られる光電変換信号(光強度信号)Pの一例が示されている。

【0093】この場合、空間像PM'はスリット22の走査方向(Y軸方向)の幅(2D)の影響で像が平均化する。

【0094】従って、スリットをp(y)、空間像の強度分布をi(y)、観測される光強度信号をm(y)とすると、空間像の強度分布i(y)と観測される強度信号m(y)の関係は次の(1)式で表すことができる。この(1)式において、強度分布i(y)、強度信号m(y)の単位は単位長さ当たりの強度とする。

【0095】

【数1】

$$m(y) = \int_{-\infty}^{\infty} p(y-u) \cdot i(u) du \quad \dots(1)$$

【0096】

【数2】

$$p(y) = \begin{cases} 1(|y| \leq D) \\ 0(|y| > D) \end{cases} \quad \dots(2)$$

すなわち、観測される強度信号m(y)はスリットp(y)と空間像の強度分布i(y)のコンボリューションになる。

【0097】従って、計測精度の面からは、スリットの走査方向の幅(以下、単に「スリット幅」と呼ぶ)2Dは小さい程良い。本実施形態のようにPMTを光センサ

24として用いる場合には、スリット幅が非常に小さくなくても走査速度を遅くして計測に時間を掛ければ光量(光強度)の検出は可能である。しかしながら、現実には、スループットの面から空間像計測時の走査速度には、一定の制約があるため、スリット幅2Dがあまりにも小さいと、スリット22を透過する光量が小さくなり過ぎて、計測が困難となってしまう。

【0098】発明者がシミュレーション及び実験等により得た知見によれば、スリット幅2Dは、露光装置の解像限界ピッチ(デューティ比1:1のL/Sパターン

のピッチ)の半分程度とすることが望ましい。

【0099】上述した空間像計測器を用いる空間像計測方法は、a. ベストフォーカス位置の検出、b. パターン像の結像位置の検出、c. アライメント顕微鏡ALGのベースライン計測等に用いられる。

【0100】本実施形態の露光装置100におけるc. ベースライン計測については既に説明したので、以下、上記a. ベストフォーカス位置の検出及びb. パターン像の結像位置の検出について説明する。

【0101】以下においては、空間像計測器59を構成するスリット板90上には、図7に示されるように、X軸方向に伸びる所定幅2D、長さLのスリット22aと、Y軸方向に伸びる所定幅2D、長さLのスリット22bとが形成されている。ここで、2Dは例えば0.3μmであり、Lは例えば16μmである。また、スリット22bはスリット22aの-X側に約4μm隔てて配置され、かつ+Y側に約4μm隔てて配置されている。また、ウエハステージWSTの内部の光導出部、ミラーM及び受光レンズを介して光センサ24によりスリット22a、22bのいずれを透過した光をも受光が可能になっているものとする。なお、以下では、特に必要が無い限り、スリット22a、22bを区別することなくスリット22と呼ぶ。

【0102】〈ベストフォーカス位置の検出〉このベストフォーカス位置の検出は、例えばA. 投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出及び最良結像面(像面)の検出及びB. 球面収差測定などの目的に用いられる。

【0103】本実施形態では、次のようにして投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行う。このベストフォーカス位置の検出には、例えば、レチクルマーク板RFM上のデューティ比1:1のL/Sマーク、例えばレチクルマーク板RFMのX軸方向中心に位置するAISマークブロック62i内の線幅0.8μm(ウエハ上でライン幅0.2μm)のL/SネガマークPM_iが、計測マークPMとして用いられる。

【0104】まず、主制御装置20では、投影光学系PLの有効視野(照明領域IARに対応)内でベストフォーカス位置を計測すべき所定点(ここでは、投影光学系PLの光軸上)にレチクルマーク板RFM上の計測マークPM_iを位置決めすべく、レチクルステージRSTを

移動する。

【0105】次に、主制御装置20では、照明光ILが計測マークPM_i部分を含む所定領域のみに照射されるように可動レチクルブラインド12を駆動制御して照明領域を制限する。この状態で、主制御装置20では、照明光ILを計測マークPM_iに照射して、前述と同様にして、ウエハステージWSTをY軸方向に走査しながら計測マークPMの空間像計測を前述と同様にスリットスキャン方式により行う。

【0106】主制御装置20では、この空間像計測を、スリット板90のZ軸方向の位置（すなわち、ウエハステージWSTのZ位置）を所定ステップで変更しながら、複数回繰り返して、各回の光強度信号（光電変換信号）をメモリに記憶する。

【0107】そして、主制御装置20では、前記繰り返してにより得られた複数の光強度信号（光電変換信号）それぞれに基づいて得られる所定の評価量、例えば複数の光強度信号をそれぞれフーリエ変換した1次周波数成分と0次周波数成分の振幅比であるコントラストを求め、評価量としては、コントラストの他、波高値、マークピッチを周期とする正弦波の振幅又は面積比などを用いることができる。

【0108】次いで、主制御装置20では、それらの評価量のピークのスリット板90のZ軸方向の位置（Z座標）を、ベストフォーカス位置として決定する。

【0109】通常、ベストフォーカスの検出に際しては、スリット板90を、例えば0.15μmのピッチ間隔で、15段階（ステップ）程度変化させる。

【0110】ここで、図8を用いて上記のベストフォーカス位置検出の一例について説明する。この図8は、スリット板90を13段階（ステップ）でZ軸方向に変化させ、各点で得られた13点のコントラスト等の評価量の計測値（図8中の×印）を横軸をZ軸として示すものである。図8中に×印で示される13点の評価量の計測値に基づいて、4次程度の近似曲線Cを最小二乗法によって求める。この近似曲線Cと、適当な閾値（スレッシュホールドレベル）SLとの交点を求め、交点間の距離＝2Bの中点をベストフォーカスに対応するZ座標値とする。

【0111】コントラスト、波高値、マークピッチを周期とする正弦波の振幅又は面積比などは、フォーカス位置（デフォーカス量）に応じて変化するので、投影光学系PLのベストフォーカス位置を精度良く、かつ容易に計測（決定）することができる。

【0112】なお、ベストフォーカス位置の計測に用いられる計測マークとしては、上述したデューティ比1:1のL/Sマークの他、孤立線又はピッチを線幅の10倍程度とした疑似孤立線、例えば前述したマークPM_iなどを用いることができる。

【0113】また、投影光学系PLの像面形状の検出

は、次のようにして行うことができる。

【0114】まず、主制御装置20では、投影光学系PLの有効視野内の複数点に、レチクルマーク板RFM上の各AISマークブロック62内の例えば計測マークPM_iが配置されるようにレチクルステージRSTを移動する。

【0115】次に、主制御装置20では、各点の計測マークPM_iを含む所定領域のみに照明光ILが照射されるように可動レチクルブラインド12によってその照明領域を制限して、各計測マークPM_iに照明光ILを順次照射して上記各点でのベストフォーカス位置の検出を前述と同様にして行い、その結果をメモリに記憶する。

【0116】次いで、主制御装置20では、投影光学系PLの有効視野内の別の複数点に、レチクルマーク板RFM上の各AISマークブロック62内の例えば計測マークPM_iが配置されるようにレチクルステージRSTを移動して、上記各点でのベストフォーカス位置の検出を前述と同様にして行い、その結果をメモリに記憶する。

【0117】そして、主制御装置50では、得られた各ベストフォーカス位置に基づいて、所定の統計的処理を行うことにより、投影光学系PLの像面形状を算出する。このとき、像面形状とは別に像面湾曲をも算出しても良い。なお、像面形状の計測に当たって、複数の計測マークを必ずしも用いる必要はなく、例えば単一の計測マークを投影光学系PLの有効視野内の複数の検出点に順次移動させつつ、上記のベストフォーカス位置の計測を繰り返しおこなっても良い。

【0118】なお、計測マークPMとして、X軸方向（又はサジタル方向）とY軸方向（又はメリジオナル方向）とにそれぞれ同一ピッチで配列される2つのL/Sパターンを用い、投影光学系PLの視野内の所定点でその2つのL/Sパターンに照明光ILを順次照射して上述したベストフォーカス位置の検出を行なうことで投影光学系PLの非点収差を計測することもできる。

【0119】以上により、前述したA. 投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出及び最良結像面（像面）の検出を行うことができる。

【0120】また、投影光学系PLの球面収差の検出は、次のようにして行うことができる。

【0121】すなわち、この球面収差の検出に際しては、例えば、レチクルマーク板RFMのX軸方向中心に位置するAISマークブロック62内に、Y軸方向に所定距離隔てて配置された同一ライン幅で周期の異なる複数、例えば2つのY軸方向のL/Sマーク、具体的にはライン幅1μmで周期が2μmのY軸方向の第1のL/Sマーク、ライン幅1μmで周期が4μmのY軸方向の第2のL/Sマークが計測マークPMとして用いられる。

【0122】まず、主制御装置20では、例えば第1の

L/Sマークを投影光学系P Lの光軸上に位置決めするため、レチクルステージR S Tを移動する。そして、その光軸上に位置決めされた第1のL/Sマークの近傍のみに可動レチクルブラインド12を用いて照明領域を設定して、その第1のL/Sマークについて、上述したベストフォーカス位置の検出を行い、その結果をメモリに記憶する。

【0123】次に、主制御装置20では、第2のL/Sパターンが照明光により照明される位置まで、レチクルステージR S Tを移動し、その第2のL/Sパターンについ

て、上述したベストフォーカス位置の検出を行い、その結果をメモリに記憶する。

【0124】そして、主制御装置20では、このようにして得られ、メモリ内に記憶されている各計測マークについてのベストフォーカス位置の差に基づいて、所定の

目的	焼き付け測定用マーク	空間像計測用マーク
C投影レンズ倍率・ディストーション測定	Box in Box Mark、 大L/Sマーク	Box in Box Mark、 大L/Sマーク
D投影レンズコマ収差測定	Line in Box Mark、 L/Sマーク	Line in Box Mark、 L/Sマーク、大小L/Sマーク
E照明テレセン測定	Box in Box Mark、 大L/Sマーク	Box in Box Mark、 大L/Sマーク

20

【0128】次に、投影光学系P Lの倍率及びディストーション測定について説明する。この投影光学系P Lの倍率及びディストーション測定に際しては、前述したレチクルマーク板R F M上の各A I Sマークブロック62内の120 μ m角（投影倍率1/4でウエハ面上では30 μ m角）のBOXマークP M₂₁が計測マークP Mとして用いられる。

【0129】まず、主制御装置20では、投影光学系P Lの有効視野内の複数点にそれぞれ計測マークP M₂₁が配置されるように、レチクルステージR S Tを移動する。

【0130】次に、主制御装置20では、照明光I Lが投影光学系P Lの有効視野内の第1番目の検出点に位置する計測マークP M₂₁を含む所定の領域部分のみに照射されるように可動レチクルブラインド12を制御して照明領域を制限する。この状態で、主制御装置20では、照明光I Lを計測マークP M₂₁に照射する。これにより、図9に示されるように、計測マークP M₂₁の空間像P M₂₁'、すなわちほぼ30 μ m角の正形状のパターン像が形成される。

【0131】そして、主制御装置20では、この空間像P M₂₁'に対して、スリット板90上のスリット22aが、Y軸方向に走査されるようにウエハステージW S Tを矢印A方向に駆動してスリットスキャン方式で空間像計測を行い、その光強度信号をメモリに記憶する。次いで、主制御装置20では、空間像P M₂₁'に対して、スリット板90上のスリット22bが、X軸方向に走査されるようにウエハステージW S Tを駆動してスリットス

演算を行うことにより、球面収差を求める。

【0125】〈パターン像の結像位置の検出〉パターン像の結像位置の検出は、C. 投影光学系の倍率及びディストーション測定、D. 投影光学系のコマ収差測定、E. 投影光学系のテレセントリシティ（照明テレセン）測定のそれぞれの目的で行われる。

【0126】計測マークは目的によって様々である。分類すると次の表1のようになる。ここで、空間像計測に基づく、投影光学系の結像特性の計測結果は、前述した焼き付け法による結像特性の計測結果と基本的に一致することが望ましいので、表1では、焼き付け計測マークとともに空間像計測マーク（空間像計測マーク）が示されている。

【0127】

【表1】

りに記憶する。そして、主制御装置20では、得られた光強度信号に基づいて、例えば周知の位相検出手法、あるいはスライス法を用いたエッジ検出手法などにより、計測マークP M₂₁の結像位置（X、Y座標位置）を求める。

【0132】同様に、主制御装置20では、投影光学系P Lの有効視野内の第2番目以降の検出点にそれぞれ位置する計測マークP M₂₁に対しても、計測マークP M₂₁を含む所定領域のみに照明光I Lが照射されるように可動レチクルブラインド12によってその照明領域を制限して、各点毎に前述したスリットスキャン方式により空間像計測を行い、得られた各点での計測マークの結像位置（X、Y座標位置）を求める。そして、主制御装置20では、得られた各検出点についての計測マークの（X、Y座標位置）に基づいて、投影光学系P Lの倍率及びディストーションの少なくとも一方を算出する。

【0133】但し、単一の30 μ m角のパターン像P M₂₁'をスリットスキャンしてもその像のエッジは2箇所しかなく、計測精度が十分得られない場合もある。このような場合は、コマ収差の影響を受けることが殆ど無い程度の大きなL/Sパターン、例えば4 μ m以上のライン幅のL/Sマーク（この空間像は、ライン幅1 μ mのL/Sマーク像となる）P M_i等を計測マークP Mとして用いれば良い。図10には、このような計測マークP Mの空間像計測を行う際に、スリット板90上にその計測マークP Mの空間像P M'が形成された状態が示されている。

【0134】上述のように、投影光学系P Lの有効視野内の複数の検出点に位置する複数の計測マークの結像位

置(X, Y座標位置)から投影光学系PLのディストーションを計測する場合において、複数の検出点の内の任意の検出点を基準点とし、その基準点における計測マークの結像位置(X, Y座標位置)と、その基準点以外の点における計測マークの結像位置(X, Y座標位置)とのXY面内の相対位置を検出し、その相対位置から投影光学系PLのディストーションを求めることが望ましい。この場合には、基準点と基準点以外の検出点とに配置された計測マークを含む領域に可動ブラインド12により照明領域を順次変更して空間像計測及び計測マークの結像位置(X, Y座標位置)のXY面内の相対位置を検出を行えば良い。このようにすると、仮に、ウェハステージWST(スリット22a, 22b)の位置を計測するウェハ干渉計31にドリフトなどが生じていたとしても、基準点における計測マークの結像位置(X, Y座標位置)の計測結果と、基準点以外の点における計測マークの結像位置(X, Y座標位置)の計測結果とに、上記ドリフト等に起因する同等の計測誤差が含まれる結果、上記の相対位置にはドリフトの影響が殆ど含まれないこととなる。従って、計測中の干渉計のドリフトなど

$$A = \frac{L1 - L5}{L1 + L5} \quad \dots(3)$$

【0138】Aは通常3%未満が投影光学系(投影レンズ)に望まれる性能である。

【0139】空間像計測においてもこのようなL/Sパターン像の線幅異常値を直接計測することが出来る。この場合は、スライス法によるエッジ検出の手法を用いれば良いが、スライスレベルの決定に当たって、空間像に対応する光強度信号を適当な閾値(スレッシュホールドレベル)で2値化し、レジスト像の線幅に近づけるという簡単なレジスト像シミュレーションを行うことにより、その閾値をスライスレベルとして決定することが望ましい。

【0140】以下、この線幅異常値の計測によるコマ収差の計測方法について説明する。このコマ収差の計測には、レチクルマーク板RFMの各AISマークブロック62内に配置された例えばライン幅0.8μm(ウェハ面上で0.2μm)でデューティ比1:1のY軸方向に周期性を有するL/Sネガマークが計測マークPMとし

て用いられる。
【0141】この場合、主制御装置20では、前述した倍率・ディストーション計測の際と同様の手順で、投影光学系PLの有効視野内の複数の検出点に配置された各計測マークの空間像を順次計測し、それぞれの光強度信号とスライスレベルとの交点をそれぞれ求め、その求められた交点のY座標(又はX座標)から空間像PM'のそれぞれについて各ラインのライン幅を求め、このライン幅に基づいてそれぞれの線幅異常値を(4)式に基づいて算出し、この算出結果に基づいて投影光学系PLの

の影響を最小限に抑えることができる。また、各検出点における計測の度毎に可動レチクルブラインド12により照明光の照射領域を制限するので、計測中の投影光学系PLへの照明光の入射量を抑制することができる。

【0135】次に、投影光学系のコマ収差の計測方法について説明する。コマ収差の計測は、L/Sマークを計測マークとして用いる第1の方法と、Line in Boxマークを計測マークとして用いる第2の方法とが代表的に挙げられる。

【0136】(第1の方法)焼き付け法により、コマ収差を測定する場合に、解像限界付近の小L/Sマーク像の線幅異常値を用いる方法が知られている。ここで、線幅異常値とは、焼き付けによって形成されるレジスト像の非対称の度合いを表す指標となる値である。例えば、図11に示される0.2μmL/Sマーク(設計値)のレジスト像を例にとって説明すると、線幅異常値Aは、両端のラインパターンの線幅L1、L5を用いて、次の(3)式のように定義される。

【0137】

【数3】

コマ収差を求める。

【0142】なお、各計測マークPMが例えば5本のラインパターンを含む単独のL/Sパターンであり、線幅異常値の計測精度が不十分である場合には、各計測マークPMとして、例えば5本のL/Sパターンが所定周期で複数組み配置された複合マークパターンである前述した応用計測マークPM2を、各計測マークPMとして用いても良い。図12には、この応用計測マークPM2を用いた場合に、スリット板90上に応用計測マークPM2の空間像PM2'が形成された様子が示されている。

【0143】この空間像PM2'は、図13に示されるように、2つの基本的な周波数成分、すなわち光電変換信号の各ラインパターンのピッチに対応する例えば0.4μmピッチの周波数成分(第1基本周波数成分)f1と、各L/Sパターンの全体の幅に対応する第2基本周波数成分、すなわち、各L/Sパターンの繰り返し周期(5本のマークからなるマークグループの配置ピッチ)である例えば3.6μmピッチに対応する周波数成分f2とを有する。

【0144】従って、主制御装置20では、前述と同様の手順で、空間像計測を行って、計測マークPM2の空間像PM2'に対応する光強度信号を得た場合に、各光強度信号の第1基本周波数成分と、第2基本周波数成分との位相差を位相検出の手法により算出し、該算出結果に基づいて投影光学系PLのコマ収差を求めることとしても良い。なお、この場合マークの配置ピッチ(上の例では0.4μm)と5本のマークからなるマークグルー

プの配置ピッチ（上の例では $3.6\ \mu\text{m}$ ）の比率は整数倍とすることが信号処理上からは望ましい。

【0145】（第2の方法）次に、コマ収差の第2の測定方法について説明する。この方法では、計測マークPMとしては、前述したLine in BoxマークPM₂₂が用いられる。このマークPM₂₂は、図14に示されるように、1辺がD1（例えばD1 = $120\ \mu\text{m}$ ）の正方形パターン₂₂の内部に、同心でかつ1辺がD2（例えばD2 = $80\ \mu\text{m}$ ）の正方形のスペースパターン（幅D3）が形成されたマークである。このマークPM₂₂をウエハ上に焼き付け、現像すると、 $30\ \mu\text{m}$ 角のレジスト残しマークの中心に $20\ \mu\text{m}$ 角の細溝が同時に形成される。細溝は（波長/N.A.）/2以下程度の太さとする₂₂ことが望ましく、従ってD3は、その4倍以下程度とすることが望ましい。例えば、D3は、 $0.4\ \mu\text{m}$ とされる。

【0146】このLine in BoxマークPM₂₂を、コマ収差のある投影光学系で結像すると細線の方が太線よりも横ずれが大きく発生するため、細溝が偏心して対称性が崩れる。従って、その細溝の偏心量、すなわち対称性の崩れかたの程度を計測することにより、コマ収差の影響を知ることができる。

【0147】そこで、主制御装置20では、前述した倍率・ディストーション計測の際と同様の手順で、投影光学系PLの有効視野内の複数の検出点に配置された各マークPM₂₂の空間像計測を行って、それぞれに対応する光強度信号を得る。そして、各光強度信号と所定のスライスレベルとの交点に基づいて各マークPM₂₂の空間像の対称性のずれを算出し、該算出結果に基づいて投影光学系PLのコマ収差を求める。

【0148】上記の場合において、スリット板90上のスリット22a、22bの配置上、非計測方向のスリットが空間像と干渉する場合も考えられる。このような場合、上記マークPM₂₂に代えて、例えば線幅 $4\ \mu\text{m}$ 程度の太いラインパターンと、例えば線幅 $0.4\sim 0.6\ \mu\text{m}$ 程度の細いラインパターンが計測方向に所定間隔（例えば、 $40\ \mu\text{m}$ 程度）で並んだ左右（又は上下）対称の1次元マーク、例えば前述したマークPM6（又はPM5）などを計測マークPMとして用いても良い。

【0149】図15には、このような計測マークPM6の空間像PM6'がスリット板90上に形成された状態が示されている。この図15において、D4は $10\ \mu\text{m}$ 、D5は $0.1\sim 0.15\ \mu\text{m}$ である。このような空間像PM6'に対応する光強度信号を、スライス法によるエッジ検出の方法により検出することにより、投影光学系PLのコマ収差を検出しても良い。

【0150】勿論、この場合も、計測再現性を向上するため、図16のような繰り返し配置された計測マークの空間像を検出することとしても良い。

【0151】次に、照明テレセン（投影光学系PLのテレセントリシティ）の測定方法について説明する。

【0152】照明テレセンは、像位置がデフォーカスによって変化する変化量を測定して決定する。計測マークとしては、倍率、ディストーション測定と同様にコマ収差の影響を受けない大きな計測マークが用いられる。焼き付け法による場合は、Box in Box Markあるいは大L/Sマークが用いられ、ベストフォーカス位置、 $+1\ \mu\text{m}$ 程度のデフォーカス位置、 $-1\ \mu\text{m}$ 程度のデフォーカス位置の3点で、それぞれ露光を行い、像位置とフォーカス位置の関係を計測し、照明テレセン（＝（像の横ずれ量/デフォーカス量））を計算することが行われる。空間像計測の場合は、焼き付けと同様にコマ収差の影響を受けない大きな計測マークを用い、空間像の絶対位置（結像位置）を各フォーカス位置で計測し、照明テレセンを計算する。

【0153】これを更に詳述すると、投影光学系PLの有効視野内の第1の検出点に計測マークを位置させてその計測マークの空間像を形成し、投影光学系PLの光軸方向（Z軸方向）に関する第1位置でスリットスキャン方式で、計測マークPMの空間像を計測する。すなわち、空間像に対してスリット22を相対的に走査してスリット22を介した光を光センサ24で光電変換して空間像に対応する光強度分布を計測する。次いで、投影光学系PLの有効視野内の第2の検出点に計測マークPMを位置させて、その計測マークの空間像を形成し、Z軸方向の第2位置で計測マークPMの空間像をスリットスキャン方式で計測する。そして、スリット板22（スリット板90）がZ軸方向の第1位置にあるときの空間像の計測結果から得られる空間像のXY面内の結像位置と、スリット板22（スリット板90）がZ軸方向の第2位置にあるときの空間像の計測結果から得られる空間像のXY面内の結像位置と相対位置関係を求め、該相対位置関係から投影光学系PLのテレセントリシティを算出する。

【0154】この場合、投影光学系PLの有効視野内の第1の検出点に位置させた計測マークの空間像をZ軸方向の第1位置に対応する面内で計測した計測結果から得られる空間像のXY面内の結像位置（第1の結像位置）と、投影光学系PLの有効視野内の第2の検出点に位置させた計測マークの空間像をZ軸方向の第2位置に対応する面内で計測した計測結果から得られる空間像のXY面内の結像位置（第2の結像位置）との相対位置関係、すなわち第1の結像位置と第2の結像位置との相対距離、及びZ軸方向の第1位置と第2位置との距離に基づいて、投影光学系PLのテレセントリシティを算出する。このため、例えば第1の結像位置、第2の結像位置の計測に際し、ウエハ干渉計31にドリフト等が生じていても第1の結像位置、第2の結像位置の計測結果には同等の誤差が含まれる結果、干渉計ドリフトなどに起因する計測誤差の影響の殆どないテレセントリシティの高精度な計測が可能となる。

【0155】この場合において、投影光学系 PL の有効視野内の 3 点以上の検出点に位置する計測マークの空間像をスリット板 90 の Z 位置を変更しながらその計測マークの空間像をスリットスキャン方式で計測し、空間像の絶対位置（結像位置）を各フォーカス位置について計測する場合には、該複数のフォーカス位置の内の任意のフォーカス位置を基準フォーカス位置とし、基準フォーカス位置における計測マークの空間像の XY 面内の位置と基準フォーカス位置以外での計測マークの空間像の XY 面内での位置との相対位置を計測し、その相対位置位置関係に基づいて投影光学系 PL の照明テレセンを計測することとすれば良い。

【0156】この場合において、例えば、基準フォーカス位置をベストフォーカス位置の近傍に設定した場合には、その +Z 側、-Z 側のそれぞれで少なくとも各 1 点の Z 位置で投影光学系 PL の有効視野内の複数の検出点に配置された計測マークの空間像の XY 面内位置を計測することとしても良い。

【0157】なお、照明テレセンの計測に際しては、レチクルマーク板 RFM 上の単一の計測マークを用い、該マークを投影光学系 PL の有効視野内の複数の検出点に順次位置決めし、各検出点で計測マークの結像位置をスリット板 90 の Z 位置を変更して、順次計測しても良いし、投影光学系 PL の有効視野内の複数の検出点に同時に位置決めされるレチクルマーク板 RFM 上複数の計測マークの結像位置をスリット板 90 の Z 位置を変更して、順次計測しても良い。

【0158】以上詳細に説明したように、本実施形態によると、レチクルステージ RST によって、照明光 IL によって照明可能な投影光学系 PL の物体側焦点面位置近傍にレチクルマーク板 RFM に形成された各種自己計測に用いられる複数種類の計測マーク PM1~PM22 等のいずれをも位置させることができる。このため、照明光 IL を計測マーク PM に照射し、その計測マーク PM1~PM22 等の像を投影光学系 PL の像側焦点面近傍に結像させ、その像を検出することにより、専用の計測用原版を別に用意することなく、各種自己計測が可能となる。

【0159】具体的には、主制御装置 20 では、例えば照明光 IL によって、レチクルマーク板 RFM の少なくとも一部が照明され、投影光学系 PL によってその像側焦点面近傍に照明光 IL で照明された計測マークの空間像が形成された際に、該空間像とスリット 22 とが相対走査されるようにスリット板 90、すなわちウエハステージ WST を駆動する、スリットスキャン方式の空間像計測により、前述した投影光学系 PL のベストフォーカス位置、像面形状（像面湾曲を含む）、球面収差、ディストーション、倍率、コマ収差、照明テレセン等の光学特性、及びアライメント系 ALG のベースライン計測などの自己計測を行うことが可能となっている。これより

明らかなように、本実施形態では、主制御装置 20 によって移動制御装置が構成されている。

【0160】例えば、主制御装置 20 では、ベストフォーカス位置、像面形状の計測結果に基づいて、多点焦点位置検出系（60a, 60b）を構成する各フォーカスセンサ（受光素子）の検出出力のオフセット設定、あるいは原点位置の再設定等のキャリブレーションを高精度に行うことができる。

【0161】また、主制御装置 20 では、像面湾曲、ディストーション、倍率、コマ収差などの各種収差の計測結果に基づいて、投影光学系 PL を構成する少なくとも 1 枚の投影レンズを不図示の結像特性補正系を介して光軸方向及び光軸に直交する面に対して傾斜方向に駆動することにより、投影光学系の上記各種収差を補正する収差の自動調整が可能となる。

【0162】また、主制御装置 20 では、上記の照明テレセンの計測結果に基づいて、照明系 10 内の不図示のリレーレンズを駆動することにより照明テレセンを自動修正することも可能である。

【0163】また、主制御装置 20 では、上記のベースラインの計測結果に基づいて、ベースラインの自動調整を容易に行うことができ、この結果、ウエハアライメント精度を向上させることができる。

【0164】なお、主制御装置 20 では、空間像計測に際して、ウエハステージ WST（スリット板 90）を静止させたまま、レチクルステージ RST（レチクルマーク板 RFM）を移動させても良く、あるいはウエハステージ WST（スリット板 90）及びレチクルステージ RST を同時に相互に逆向きに移動させても良い。

【0165】本実施形態の露光装置 100 によると、上述したベースライン計測によりベースラインが自動補正されたアライメント系 ALG を用いて精度良く、ウエハアライメント（EGA）等が行われ、また、走査露光時には、キャリブレーションが高精度に行われた多点焦点位置検出系（60a, 60b）を用いて、ウエハ W のオートフォーカス、オートレベリングを高精度に行ってウエハ W 表面を計測された像面に実質的な合致させつつ、諸収差が高精度に調整された投影光学系 PL を介してレチクル R の回路パターンがウエハ W 上の各ショット領域に重ね合せて転写されるので、露光精度（重ね合わせ精度、フォーカス合わせ精度を含む）を高く維持した露光が可能となる。

【0166】なお、投影光学系 PL の倍率誤差は、レチクル R の回路パターンとウエハ W 上のショット領域との重ね合わせ精度に影響を与えるため、投影光学系 PL の倍率計測及びその結果に基づく自動補正は、なるべく高頻度で行うことが望ましい。しかし、上述したスリットスキャン方式による空間像計測は、計測に或程度の時間を要するので、頻繁に行うことはスループットの低下の要因となる。

【0167】そこで、主制御装置 20 は、ウエハ W をロット単位で露光する際に、各ロット先頭のウエハ W の露光時には、レチクルマーク板 R F M、空間像計測器 59 を用いてレチクルマーク板 R F M 上の計測マークの空間像計測を行い、その計測結果に基づいて投影光学系 P L の倍率を算出し、各ロット内の先頭以外のウエハの露光時には、レチクルマーク板 R F M 及びレチクル R の一方のアライメントマークと、ウエハステージ W S T 上の不図示の基準マークの投影光学系 P L を介した像とを R A 顕微鏡 28 を用いて観察し、その観察結果に基づいて投影光学系 P L の倍率を算出することとしている。これにより、スループットを不用意に低下させることなく、投影光学系 P L の倍率を所望の値に維持し、ひいては重ね合せ精度を高く維持することができる。

【0168】また、本実施形態では露光装置 100 を構成する照明系 10 を用いて、空間像計測を行うので、各種照明条件（コンベンショナル照明、輪帯照明、変形照明など）、レチクル種類（ハーフトーンレチクル、通常レチクル）などとの組み合わせでの空間像計測が可能である。従って、露光時と同じ若しくはそれに近い条件下での各種自己計測をレチクルマーク板 R F M を用いて行うことが可能である。

【0169】これらのレチクル種類、対象線幅、孤立線、密集線などの別、照明条件などのいろいろな組み合わせは同一の露光装置内であっても相互に異なるプロセスプログラムで管理される。従って、例えばフォーカスキャリブレーションにおいて必須となる、計測値と最適条件とのオフセット値もこれらの組み合わせに対応可能にだけ用意しておくことが望ましい。

【0170】通常、投影光学系 P L の収差などの調整は、異なる照明条件毎に行われるが、その際に使われるマークは孤立線、密集線の特定の線幅になる。従って、照明条件が決まれば空間像計測に用いられる計測マークも決まると考えて差し支えなく、複数のプロセスプログラムに対応するオフセットの総数は照明条件の総数と等しくなる。本実施形態のレチクルマーク板 R F M では、空間像計測に主として用いられる各ネガマークに近接して焼き付けに主として用いられるポジマークが配置されている（図 5 参照）。従って、このレチクルマーク板 R F M 上のポジマークを用いた焼き付け法により、投影光学系 P L の光学特性を計測し、この計測結果に基づいて、投影光学系 P L の調整を行った直後にレチクルマーク板 R F M 上のネガマークの空間像計測を行い、その結果に基づいて上記のオフセットを容易に求めることが可能である。

【0171】このほかに、デバイス製造用のレチクルとレチクルマーク板 R F M との形状の差違（撓み量等の際）に伴う誤差もオフセットとして管理する必要がある。これは、デバイス製造用のレチクル上のマークとレチクルマーク板 R F M 上のマークとの空間像の計測結果

を比較することで容易に求められる。この意味では、デバイス製造用のレチクルに上述した R F M と同一種類の各種計測マークを形成することが望ましい。

【0172】なお、上記実施形態では、本発明がステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを基板に転写するとともに、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置にも本発明は適用することができる。

【0173】また、上記各実施形態では、本発明が半導体製造用の露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子、マイクロマシン、DNA チップ、及びレチクルやマスクなどを製造するための露光装置などにも本発明は広く適用できる。

【0174】また、上記各実施形態では、露光用照明光として K r F エキシマレーザ光（248 nm）、A r F エキシマレーザ光（193 nm）などを用いる場合について説明したが、これに限らず、g 線（436 nm）、i 線（365 nm）、F₂レーザ光（157 nm）、銅蒸気レーザ、Y A G レーザの高調波等を露光用照明光として用いることができる。

【0175】また、上記各実施形態では、投影光学系として縮小系かつ屈折系を用いる場合について説明したが、これに限らず、投影光学系として等倍あるいは拡大系を用いても良いし、屈折系、反射屈折系、あるいは反射系のいずれを用いても良い。

【0176】なお、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系 P L を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージ R S T やウエハステージ W S T を露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより本実施形態の露光装置 100 を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0177】《デバイス製造方法》次に上述した露光装置 100 をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0178】図 17 には、デバイス（I C や L S I 等の半導体チップ、液晶パネル、C C D、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図 17 に示されるように、まず、ステップ 201（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ 202（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一

方、ステップ203（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0179】次に、ステップ204（ウエハ処理ステップ）において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205（デバイス組立てステップ）において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立てを行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

【0180】最後に、ステップ206（検査ステップ）において、ステップ205で作成されたデバイスの動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0181】図18には、半導体デバイスにおける、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されている。図18において、ステップ211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打ち込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0182】ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ215（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上で説明したリソグラフィシステム（露光装置）及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0183】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0184】以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ216）において上記実施形態の露光装置が用いられるので、重ね合せ精度良くレチクルのパターンをウエハ上に転写することができる。この結果、高集積度のデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向上させることが可能になる。

【0185】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の露光装置によると、専用の計測用原版を用いることなく、各種自己計測を行うことが可能となるという効果がある。

【0186】また、本発明の光学特性計測方法によると、投影光学系のテレセントリシティを精度良く計測することができるという効果がある。

【0187】また、本発明のデバイス製造方法によると、デバイスの生産性を向上させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る露光装置100の概略的な構成を示す図である。

【図2】図1のアライメント系及び空間像計測器の内部構成を示す図である。

【図3】アライメント系によりウエハ上のアライメントマークを検出している様子を示す図である。

【図4】図1のレチクルマーク板を示す底面図である。

【図5】レチクルマーク板上のマーク配置の一例を示す図である。

【図6】図6（A）は、空間像の計測に際してスリット板上に空間像PM'が形成された状態の空間像計測器を示す平面図、図6（B）はその空間像計測の際に得られる光電変換信号（光強度信号）Pの一例を示す線図である。

【図7】スリット板上のスリットの配置を示す平面図である。

【図8】スリット板を13段階（ステップ）でZ軸方向に変化させ、各点で得られた13点のコントラスト等の評価量の計測値（×印）を横軸をZ軸として示す図である。

【図9】倍率及びディストーション測定の際のスリット板を示す平面図である。

【図10】大きなL/Sマークから成る計測マークの空間像計測を行う際に、スリット板上にその空間像が形成された状態を示す平面図である。

【図11】コマ収差の第1の計測方法を説明するための図であって、レジスト像の一例を示す図である。

【図12】5本のL/Sパターンが所定周期で複数組み配置された複合マークを用いた場合にその空間像がスリット板上に形成された状態を示す平面図である。

【図13】図12に示される空間像が、2つの基本的な周波数成分を有することを説明するための図である。

【図14】マークPM₂₂を拡大して示す図である。

【図15】線幅の太いラインパターンと線幅の細いラインパターンが計測方向に所定間隔で並んだ左右対称の1次元マークから成る計測マークの空間像がスリット板上に形成された状態を示す平面図である。

【図16】図15の場合の1次元マークが繰り返し配置された計測マークの空間像がスリット板上に形成された

35

状態を示す平面図である。

【図 17】 本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図 18】 図 17 のステップ 204 の詳細を示すフローチャートである。

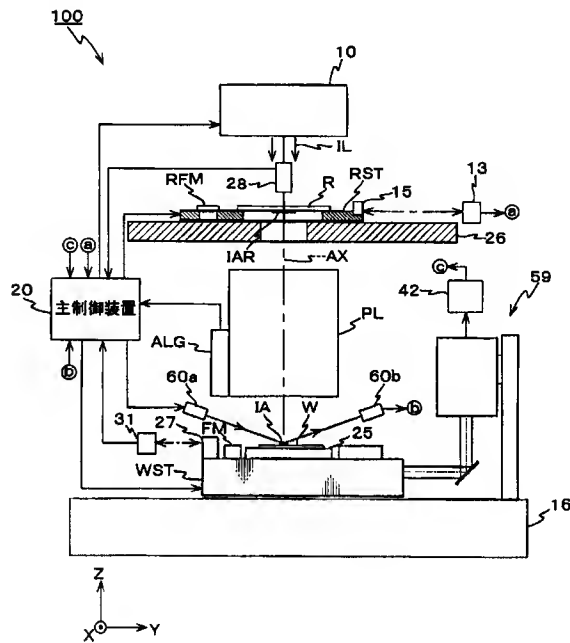
【符号の説明】

20…主制御装置（移動制御装置、制御装置）、22…スリット（計測用パターン）、24…光センサ（光電変

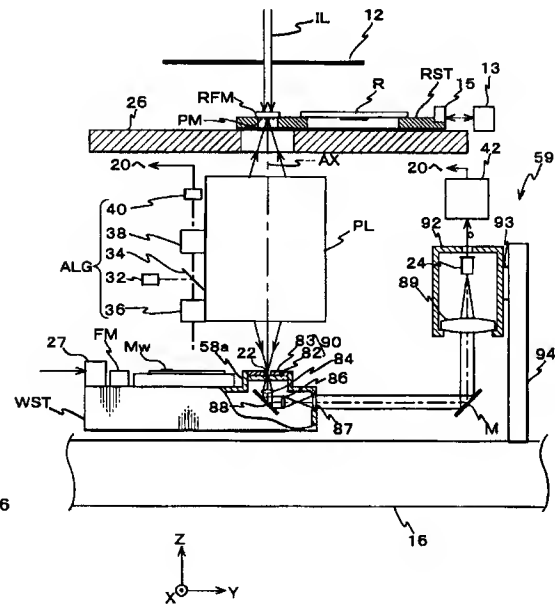
36

換素子）、28…RA顕微鏡（観察顕微鏡）、59…空間像計測器、90…スリット板（パターン形成部材）、100…露光装置、R…レチクル（マスク）、IL…照明光、PL…投影光学系、W…ウエハ（基板）、RFM…レチクルマーク板（自己計測用原版）、FM…基準マーク板、RST…レチクルステージ（自己計測用原版載置ステージ、マスクステージ）、WST…ウエハステージ（基板ステージ）。

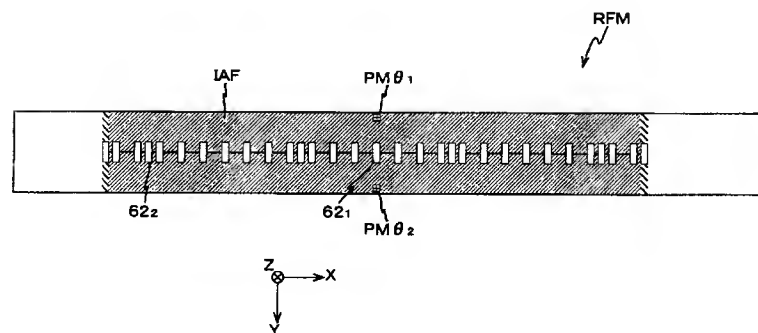
【図 1】



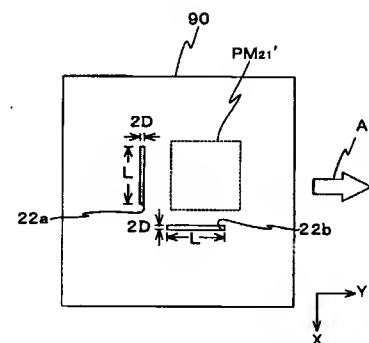
【図 2】



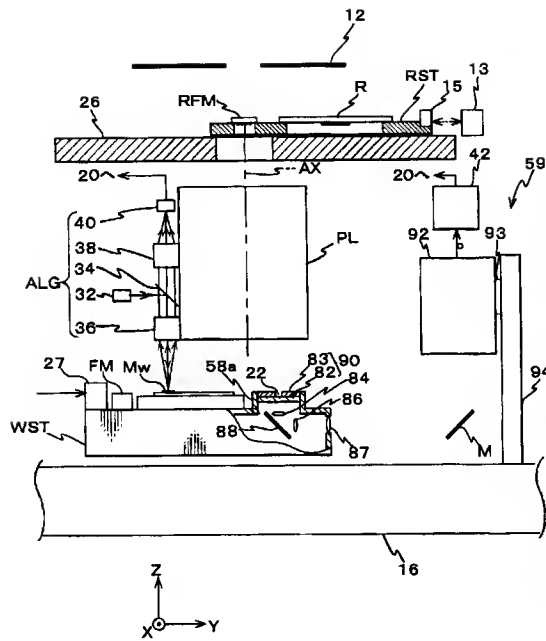
【図 4】



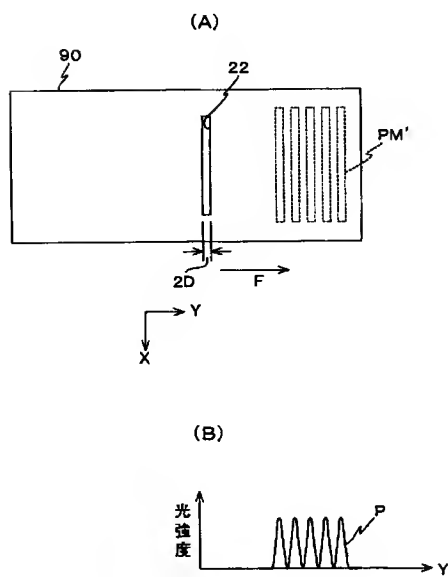
【図 9】



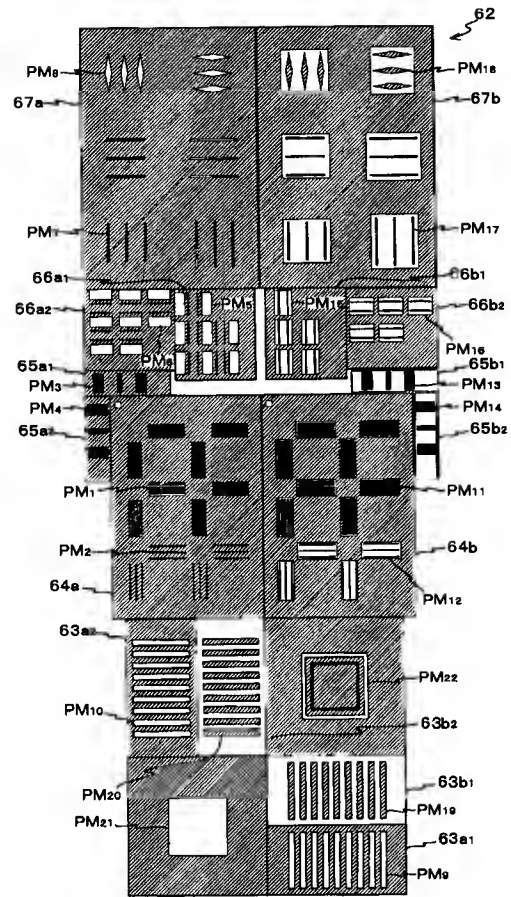
【図 3】



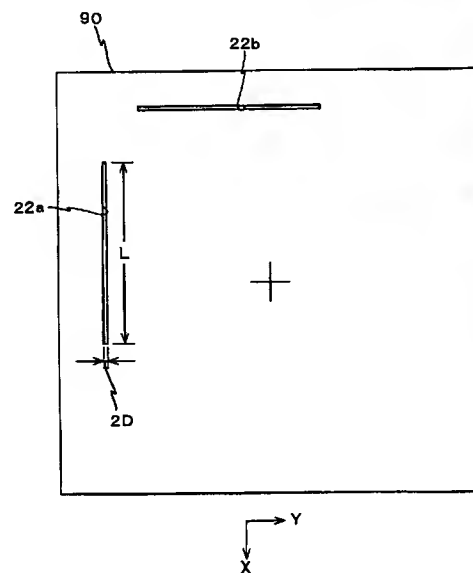
【図 6】



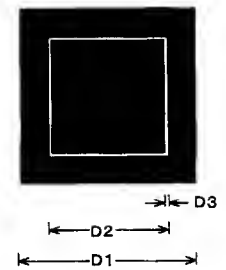
【図 5】

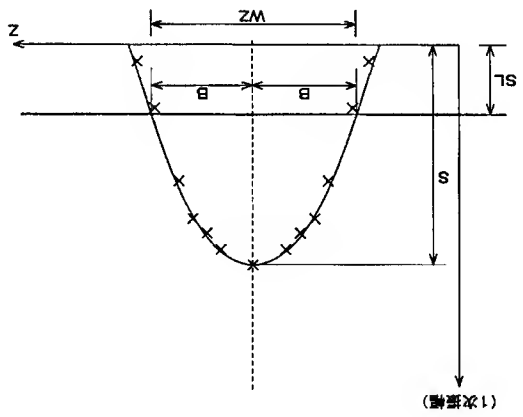


【図 7】

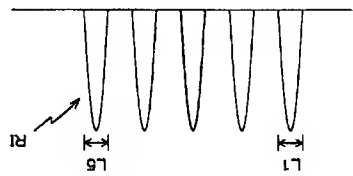


【图 1 4】

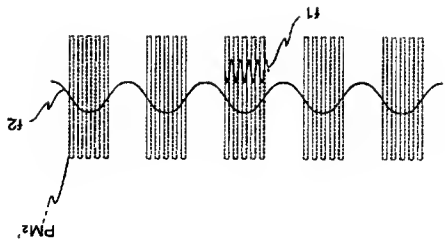




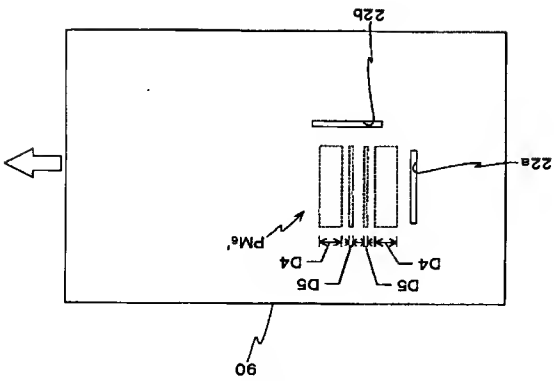
【図8】



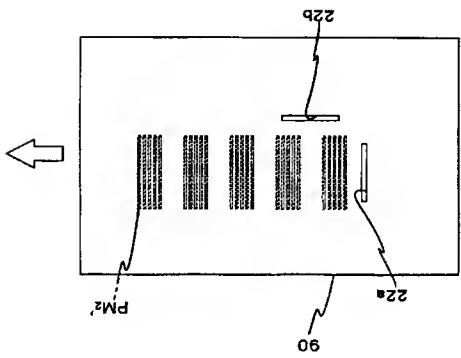
【図11】



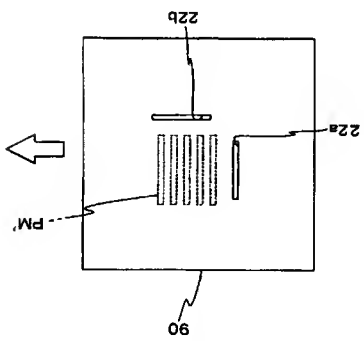
【図13】



【図15】

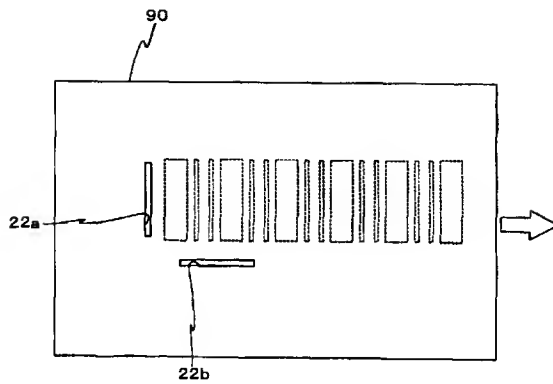


【図12】

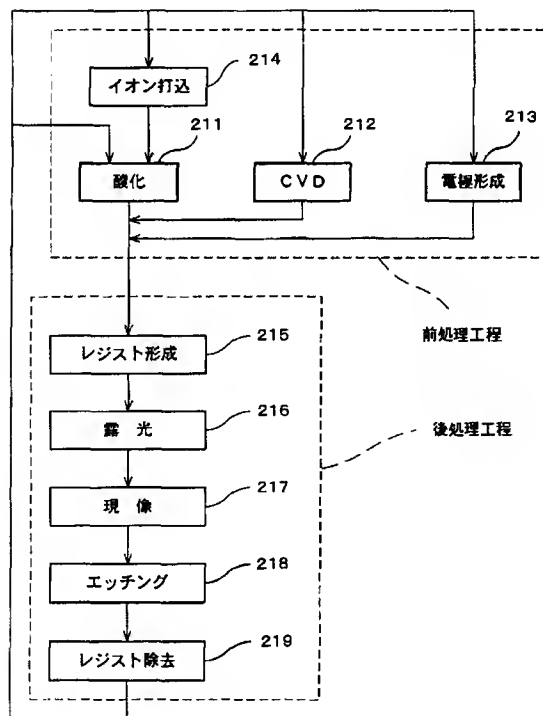


【図10】

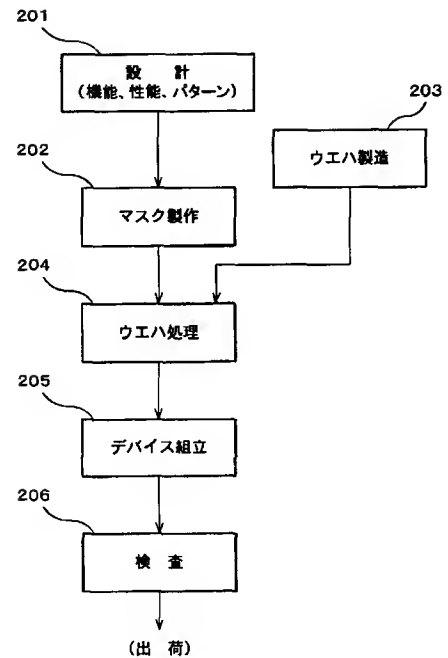
【図16】



【図18】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 高根 栄二
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(72)発明者 鎌田 旬美
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(72)発明者 鈴木 広介
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

F ターム(参考) 2G086 HH06
2H095 BE03 BE07 BE09
5F046 BA04 BA05 CB17 CB27 CC02
DA13 DA14 DB05 DC03 DC05